

Adriana Freitas Neves • Idelvone Mendes Ferreira  
Maria Helena de Paula • Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos  
organizadores

# COLETÂNEA INTERDISCIPLINAR EM PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

Engenharia, Saúde e Gestão **Volume III**

Trabalhos apresentados no II Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação  
da Regional Catalão - UFG



Financiadora:

**FAPEG**

FUNDAÇÃO DE AMPARO  
À PESQUISA  
DO ESTADO DE GOIÁS

**GOVERNO DE GOIÁS**

Universidade Federal de Goiás - Regional Catalão

**COLETÂNEA  
INTERDISCIPLINAR  
EM PESQUISA,  
PÓS-GRADUAÇÃO  
E INOVAÇÃO  
VOL.3**

Engenharias, Saúde e Gestão

SÃO PAULO  
2015

## **Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Vol.3**

Engenharias, Saúde e Gestão

© 2015

1st edition – 2015

Editora Edgard Blücher Ltda.

ISBN 978-85-8039-113-8 (e-book)

# Blucher

---

Rua Pedroso Alvarenga, 1245, 4º andar  
04531-012 – São Paulo – SP – Brazil  
Fax 55 11 3079 2707  
Phone 55 11 3078 5366  
[editora@blucher.com.br](mailto:editora@blucher.com.br)  
[www.blucher.com.br](http://www.blucher.com.br)

Segundo o Novo Acordo Ortográfico, conforme 5a ed. do *Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa*, Academia Brasileira de Letras, março de 2009.

Todo conteúdo, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença Creative Commons.  
Atribuição CC - BY - NC 4.0

---

Todos os direitos reservados pela Editora Edgard Blücher Ltda.

## FICHA CATALOGRÁFICA

---

Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da Regional Catalão (2. : 2014 : Goiás)  
Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Volume 3 : Engenharias, Saúde e Gestão. Anais [livro eletrônico] / organizado por Adriana Freitas Neves...[et al]. – São Paulo : Blucher, 2015.  
3 Mb ; ePUB.

ISBN 978-85-8039-113-8 (e-book)

1. Engenharia de produção 2. Saúde 3. Administração I. Título II. Neves, Adriana Freita III. Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão

---

15-0841

CDD 507.2

---

Índices para catálogo sistemático:  
1. Pesquisa - Congressos

## **DIRIGENTES DA UFG**

Prof. Dr. Orlando Afonso Valle do Amaral – Reitor  
Prof. Dr. Manoel Rodrigues Chaves – Vice-reitor  
Prof. Dr. Luiz Mello de Almeida Neto – Pró-reitor de Graduação  
Prof. Dr. José Alexandre Felizola Diniz Filho – Pró-reitor de Pesquisa e Pós-Graduação  
Profª Dra. Maria Clorinda Soares Fioravanti – Pró-reitora de Pesquisa e Inovação  
Profª Dra. Giselle Ferreira Ottoni Candido – Pró-reitora de Extensão e Cultura  
Prof. Dr. Carlito Lariucci – Pró-reitor de Administração e Finanças  
Prof. Dr. Geci José Pereira da Silva – Pró-reitor de Desenvolvimento Institucional e Recursos Humanos  
Técnico de Laboratório Elson Ferreira de Moraes – Pró-reitor de Assuntos da Comunidade Universitária

## **REGIONAL CATALÃO**

Prof. Dr. Thiago Jabur Bittar - Diretor da Regional Catalão  
Prof. Dr. Denis Rezende de Jesus - Vice-Diretor da Regional Catalão  
Prof. Dr. Lincoln Lucílio Romualdo - Coordenador de Graduação  
Profª. Dra. Maria Helena de Paula - Coordenadora Geral de Pesquisa e Pós-Graduação  
Profª. Dra. Renata Alessandra Evangelista - Coordenadora de Extensão e Cultura  
Profª. Dra. Élide Alves da Silva - Coordenadora de Administração e Finanças

## **ORGANIZADORES:**

Profª. Dra. Adriana Freitas Neves  
Prof. Dr. Idelvone Mendes Ferreira  
Profª. Dra. Maria Helena de Paula  
Prof. Dr. Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos

## **COMISSÃO CIENTÍFICA:**

Profa. Dra. Adriana Freitas Neves  
Prof. Dr. André Carlos Silva  
Prof. Dr. Arlindo Gomes de Macêdo Junior  
Prof. Dr. Idelvone Mendes Ferreira  
Prof. Dr. Jorge Luiz Vieira Anjos  
Profa. Dra. Karla Graziella Moreira  
Profa. Dra. Luciana Melo Coelho  
Prof. Dr. Marcos Aurélio Batista  
Profa. Dra. Maria Helena de Paula  
Prof. Dr. Paulo Alexandre de Castro  
Prof. Dr. Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos  
Prof. Dr. Romes Antônio Borges  
Prof. Dr. Sérgio Francisco da Silva

## **COMISSÃO DE APOIO**

Amanda Gabrielle da Silva – Pós-Graduanda  
Fabiana Alves de Assunção Mesquita - Secretária Executiva  
Jozimar Luciovanio Bernardo – Pós-Graduando  
Lilian Rosa Aires – Secretária Executiva  
Luciene Cândida Ferreira – Assistente em Administração  
Priscila Querino de Lima – Secretária Executiva  
Rívia Aparecida Reinalda Arruda – Pós-Graduanda  
Thyago Leal Calvo – Bolsista Pibic/CNPq  
Vânia de Avelar Lucas – Técnica de Laboratório

## **SOBRE A COLETÂNEA**

Essa coletânea está organizada em quatro volumes e compila os trabalhos completos apresentados durante o II Seminário de Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação da Regional Catalão (II SPPGI/RC) – UFG, que ocorreu nos dias 04 e 05/12/2014 nas dependências da RC-UFG.

As organizações dessa coletânea juntamente com o II SPPGI/RC são consideradas as primeiras ações da Coordenação de Pesquisa e Pós-Graduação (CPPG) – RC/UFG dentro da estrutura multirregional dessa Universidade, com intuito de contribuir para a produção do conhecimento interdisciplinar e formação de parcerias em âmbito local, regional e nacional. Essas ações foram apoiadas nas divulgações dos trabalhos científicos e tecnológicos nas áreas das Ciências Humanas e Sociais, Letras e Linguística, Biológicas e da Saúde, Exatas e da Terra, compondo o Volume I - Estudos Ambientais, Território e Movimentos Sociais, Volume II - Humanidades e Letras, Volume III - Engenharia, Saúde e Gestão e Volume IV - Ciências Exatas e Tecnológicas.

# SUMÁRIO

## **PARTE 1.....08**

- 1.** Os Riscos Da Formalização Para Empresas De Pequeno Porte.....09
- 2.** A Certificação Como Elemento Da Vantagem Competitiva.....21
- 3.** O Modelo De Campos E Armas Da Competição Em Estudos Científicos Sobre Academias: Uma Análise Quantitativa.....36

## **PARTE 2.....48**

- 4.** Geografia, Ética E Saúde Pública No Contexto Da Dependência Química.....49
- 5.** Mensuração Do Nível De Atividade Física E Percepção Das Barreiras Existentes Para Prática De Atividade Física Em Estudantes.....61
- 6.** Organização Do Trabalho Pedagógico Do Docente Do Ensino Superior E A Inclusão Escolar Dos Alunos Com Deficiência Na Educação Básica.....78

**PARTE 3.....93**

- 7.** Caracterização Granulométrica E Automação Do Método De Gaudin Através De Análise De Imagem Utilizando O Imagej.....94
- 8.** Concreto – Substituição De Areia De Quartzo Por Magnetita.....109
- 9.** Utilização Do Óleo Da Castanha De Macaúba Como Coletor Na Microflotação De Apatita.....123
- 10.** Introdução Às Técnicas De Perturbação Aplicadas À Resolução De Sistemas Dinâmicos Não-Lineares.....136
- 11.** Escoamento De Grãos Em Silos.....153
- 12.** Desaguamento De Lama De Rocha Fosfática: Pasta Mineral.....170
- 13.** Influência Da Vazão De Ar No Arraste Hidráulico Em Tubo De Hallimond.....187
- 14.** A Evolução Histórica E Os Mestres Da Qualidade.....200

Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Vol. 3

# **PARTE I**

## **Administração e Gestão**

# 1

## CAPÍTULO

# OS RISCOS DA FORMALIZAÇÃO PARA EMPRESAS DE PEQUENO PORTE

**Caetano, Frederico Mendes 1 \*;**  
**Fernandes, Queli Silvério 2;**  
**Resende, Maryele L. 3;**  
**Rosalem, Vagner 4**

1 Aluno de Mestrado Profissional em Gestão Organizacional, UFG – Catalão.

2 Aluno de Mestrado Profissional em Gestão Organizacional, UFG – Catalão.

3 Aluno de Mestrado Profissional em Gestão Organizacional, UFG – Catalão.

4 Professor Dr. Mestrado Profissional em Gestão Organizacional, UFG – Catalão.

\* **email: frederico\_adm@hotmail.com**

---

**Resumo:** O objetivo deste artigo é discutir sobre a influência da estrutura organizacional no desempenho das atividades das organizações e seu reflexo no comportamento organizacional, analisando os pontos negativos do excesso de formalização para pequenas empresas, não deixando de entender também que a falta de formalização pode inviabilizar a empresa de diversas formas, como por exemplo, no atendimento a seus clientes, a legislações em vigor, fornecedores e até mesmo aos direitos de seus funcionários. Assim, é importante analisarmos também que uma estrutura organizacional bem fundada é um pré-requisito da "saúde organizacional", mas não é a saúde em si que irá determinar a clareza ou a perfeição da estrutura, mas o que assegura o bom resultado da organização será o desempenho obtido através da boa gestão desta organização.

**Palavras-chave:** Estrutura Organizacional; formalização

---

Caetano, Frederico Mendes; Fernandes, Queli Silvério; Resende, Maryele L.; Rosalem, Vagner. "OS RISCOS DA FORMALIZAÇÃO PARA EMPRESAS DE PEQUENO PORTE", p.1-9. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3002>

## **1. Introdução**

A estrutura organizacional sempre foi bastante estudada e analisada, por diversos períodos da história, principalmente pela administração. Mesmo com este vasto estudo, sempre surge necessidades para adaptação, evolução ou mesmo reestruturação dos modelos rígidos já conhecidos e experimentados, pois estes não estão alcançando os objetivos a que foram propostos, ou seja, não satisfazem aos anseios e desejos organizacionais.

Assim, a extensa literatura disponível sobre organizações, métodos e sistemas organizacionais, observa-se um foco nos tipos de estruturas e suas relações com indicadores de eficácia e eficiência. Teorias de Organizações e Métodos como a ressaltada por Mintzberg (1995) apontam que toda atividade humana organizada dá origem a duas exigências

fundamentais e opostas: a divisão do trabalho em várias tarefas a serem executadas e a coordenação dessas tarefas para que se obtenham os resultados esperados.

É importante também se analisar o seguinte aspecto, onde cada vez mais se fala sobre administração, planejamento, análise e controle de processos, além de diversos outros temas como globalização, informatização, recursos escassos e sua melhor utilização. Vemos também como a formalização, pode influenciar no sucesso ou falência de uma pequena empresa.

Assim, o presente artigo tem como objetivo discutir sobre a influência da estrutura organizacional no desempenho das atividades organizacionais e seu reflexo no comportamento organizacional, analisando os riscos do excesso de formalização para empresas de pequeno porte.

A produção de componentes utilizando chapas metálicas e técnicas que dão forma aos sólidos é de grande significância, como na aplicação em indústria automotiva, modelagem de recipiente, construção de edifícios ou na produção de eletrodomésticos.

As prensas, com a sua capacidade para conduzir com precisão as atividades de conformação metálica, tornaram-se um símbolo da metalurgia e do processo de produção moderno. É neste contexto que o freio de estampagem desempenha papel fundamental em determinadas operações de estampagem, em que grandes esforços de conformação mecânica estão envolvidos.

Para que determinadas peças sejam estampadas com qualidade, é essencial que o fluxo de material conformado no interior da matriz seja bem controlado. Normalmente este fluxo é controlado pela força do prensa-chapas, no entanto, quando a magnitude da força necessária é excessivamente grande, ao ponto de poder causar danos à peça ou a máquina utilizada, são utilizados os freios de estampagem, que têm a função de prover a força de retenção necessária para controlar o fluxo de material para dentro da matriz (HUG, 2004)

O freio de estampagem, também conhecido como quebra-rugas ou *Drawbeads*, consiste em um pequeno aparato localizado na superfície do prensa-chapas ou na borda da matriz e um sulco localizado na superfície oposta, conforme mostra a Figura 1.

## **2. Propósito**

O propósito deste artigo é fazer um estudo teórico sobre a influência da formalização e burocratização sobre a estrutura organizacional, e conseqüentemente seus reflexos positivos e negativos sobre o desempenho das atividades organizacionais das empresas de pequeno porte.

Segundo o SEBRAE (2012), as pequenas e médias empresas brasileiras representam 20% do PIB, são responsáveis por 60% dos 94 milhões de empregos no País, e isto representa, respectivamente, R\$ 700 bilhões de reais, 5,7 milhões de MPEs e 56,4 milhões de empregos. Assim, a relevância das pequenas e médias empresas é facilmente compreendida na citação acima do SEBRAE, sendo de suma importância e relevância o estudo sobre este aspecto.

É notório que a organização não começa com a estrutura, que não existe um único modelo certo ou universal, mas que cada empresa precisa fazer o seu projeto estrutural baseado nas atividades fundamentais adequadas à sua missão e suas estratégias. E que operação, inovação e administração devem estar estruturadas e abrigadas sob o mesmo teto organizacional. E ainda, que a estrutura organizacional precisa tanto ser enfocada nas atividades como enfocada nas pessoas de forma a ter a direção da autoridade bem como da responsabilidade (DRUCKER, 1975).

Estruturas organizacionais não são fixas, elas formatam aquilo que ocorre dentro das organizações e são formatadas – em retorno – pelo que ocorre dentro das organizações (HALL, 1998). Esse aspecto recíproco da estrutura organizacional em relação às ações que a permeiam ressalta o fato de que as organizações tendem a serem conservadoras por natureza. Há uma busca pela estabilidade das relações bem sucedidas ou desejadas. Suas estruturas, ao mesmo tempo, representam e são constituídas pelas interações que permeiam a organização. Estrutura não garante total conformidade com o que se deseja que ocorra, mas tem o propósito de prevenir comportamentos aleatórios.

Na concepção de uma estrutura, há de se considerar a existência de uma justaposição de diversas dimensões internas e externas à organização. Interpretações para soluções tecnológicas, mudanças políticas e sociais dentro e fora das organizações influenciam o modo ou as formas de estruturação. Há, portanto, um desdobramento dialético das relações entre os agentes da organização (HALL, 1998). Isso afeta as formas estruturais. Estrutura, dessa maneira, é vista como uma dimensão continuamente emergente. Essa abordagem traz à tona a questão das relações de poder influenciando direta ou indiretamente a estrutura organizacional.

Devido à concorrência cada vez maior, as empresas tendem a buscar instrumentos de gestão para garantir mais qualidade em seus produtos e serviços. Tendem assim, a adequar seus processos para se reduzir custos, alcançando melhores resultados. Dentro desse contexto é imperativo algum grau de formalização da estrutura organizacional, por mínimo que seja, permeando as atividades da empresa. Ocorre que se a estrutura formal for um fator de dificuldade para que as decisões fluam dentro da organização, ela – a estrutura – deixa de exercer seu papel de organizadora, passando a representar um fator de entrave à melhoria dos resultados desejados.

Assim, podemos perceber a importância e interesse em estudar organizações e

pela convicção subjacente de que estrutura ou estruturas organizacionais herdadas ou impostas, ou ainda, adotadas sem critérios racionais, dificilmente serão apropriadas às necessidades do empreendimento no qual estão inseridas. Acima de tudo, a estrutura que, por melhor que pareça ser a mais adequada, por si não assegurará desempenho e resultados. E ainda, a estrutura inadequada é uma garantia do não desempenho (DRUCKER, 1975).

### **3. Revisão da Literatura**

Segundo Chiavenato (2005), cada vez mais os desafios do mundo mais globalizado e a velocidade, muitas vezes agressiva e implacável da mudança, conduzem as organizações a um sentido de emergência quanto ao ajustamento e adaptabilidade, no sentido de adaptar e sobreviver no ambiente de negócios. Dessa forma, se as empresas não buscarem se adaptar aos novos desafios estarão correndo grandes riscos de não sobreviverem.

Desta forma, a estrutura organizacional busca adaptar a empresa ao ambiente, segundo Maximiano (1997), não significando apenas torná-la mais capaz de enfrentar seus concorrentes, porque os desafios vêm de diversas fontes. Evolução da tecnologia, exigências dos sindicatos, controle governamental e pressões da sociedade são circunstâncias que oferecem desafios e oportunidades para todos os tipos de empresas. Ou seja, ambiente externo e interno interagem e as decisões tomadas em cada uma dessas instâncias permeiam a estrutura da organização enquanto formalização da divisão de tarefas.

Formalização tem que ser vista como um fator crítico de sucesso para a organização. Um aspecto importante se refere ao grau em que uma organização é formalizada é uma indicação das perspectivas de seus tomadores de decisão em relação aos membros da organização. Se é desejado que os membros sejam capazes de exercer julgamento e autocontrole, a formalização será baixa; se são vistos como sendo incapazes de tomar suas próprias decisões e requerem um maior número de regras para nortear seu comportamento, então a formalização será alta. Formalização diz respeito ao controle organizacional sobre os indivíduos e, portanto, tem um significado ético e político além de ser um componente estrutural (HALL, 1998). Ela pode guiar os indivíduos, uma vez que procedimentos formais podem auxiliar pessoas a executar seu trabalho. Ao mesmo tempo, ela é coercitiva, na medida em que as pessoas são impelidas a segui-las.

Desta forma, a formalização implica ao grau em que as tarefas ou os cargos são padronizados na organização. Uma tarefa ou um cargo com grande grau de formalizado dá ao funcionário desta organização pouco poder de decisão, sobre o quê,

quando e como será feito seu trabalho (ROBBINS, 2007). É plausível esperar que os funcionários de uma organização com alto grau de formalização controlem os mesmos insumos exatamente do mesmo modo, resultando em uma produção consistente e uniforme. Existem descrições explícitas, uma série de regras organizacionais e procedimentos claramente definidos, abrangendo processos de trabalho em organizações dotadas de extrema formalização (ROBBINS, 2007). Onde a formalização é baixa, os comportamentos de trabalho são relativamente não programados e os funcionários dispõem de bastante liberdade para exercerem seu arbítrio em seu trabalho.

É possível constatar que a liberdade de decisão um indivíduo no trabalho é inversamente proporcional à quantidade de comportamento que é pré-estabelecida pela organização, quanto maior a padronização, menor a contribuição do funcionário sobre como seu trabalho será realizado (ROBBINS, 2002). A padronização não elimina somente a possibilidade de que os trabalhadores se envolvam em comportamentos alternativos, como também a necessidade de considerarem outras opções.

Nesta análise, segundo Chiavenato (2005), podemos perceber uma alteração nos procedimentos das organizações atuais, no sentido de ter foco cada vez maior no alcance dos objetivos, resultados e metas, reduzindo assim antigos controles externos, como regras, regulamentos, procedimentos, horários de trabalho, ou seja, substituindo os velhos conceitos, para novos conceitos, como valores organizacionais, missão da organização e foco no cliente.

Motta (2002) analisa alguns autores estruturalistas de grande importância na teoria das organizações, a saber, Robert K. Merton, Phillip Selznick, Alvin Gouldner, Michel Crozier e Peter Blau que criticam e analisam a forma organizacional estruturalista e essencialmente burocrática concluindo que existe um distanciamento entre o modelo oficial, burocrático e as práticas informais, onde de um lado temos a racionalidade e o cálculo, e do outro as práticas informais, que são relacionados à impessoalidade, onde os efeitos deste distanciamento acarretariam consequências “disfuncionais” para a empresa, indo ao contrário da ideia de eficiência descrita como a “melhor maneira”.

Um aspecto a ser observado neste sentido das disfunções sob a ótica da empresa é a nova forma de internacionalizar as regras e apego aos regulamentos, como vemos abaixo:

As normas e os regulamentos passam a se transformar de meios em objetos. Passam a ser absolutos e prioritários: os funcionários adquirem “viseiras” e esquece que a flexibilidade é uma das principais características de qualquer atividade racional, não por possuir conhecimento de suas tarefas, mas por conhecer perfeitamente as normas e os regulamentos que dizem respeito ao seu cargo ou função. (CHIAVENATO, 2011:252)

Outro ponto que deve ser observado, segundo Mota (2002), é que os teóricos estruturalistas afirmam que utilizar regras e modelos de outros grupos ou seguir as regras apenas porque se considera que é necessário segui-las, como no caso de uma personalidade burocrática exacerbada, são estratégias que geram efeitos indesejados para a organização. As regras e formas organizacionais criadas pelas organizações e agentes supra organizacionais – tais como associações governamentais, associações de classe etc. – passam a influenciar e exercer pressões sobre as estruturas organizacionais dos sistemas inseridos naquele meio ambiente institucional.

Uma consequência desta formalização e burocratização são que as regras e estruturas organizacionais operam de modo indireto e não determinam o comportamento dos chamados atores sociais, mas induzem jogos de poder e comportamentos. Conforme os importantes autores estruturalistas mencionados por Motta (2002) observa-se que em organizações burocráticas os funcionários irão evitar os aspectos desagradáveis dos procedimentos oficiais e mudar a sua conduta a fim de adotar atitudes que julguem mais apropriadas ou convenientes para a situação, dependendo de seus valores como grupo organizacional.

Segundo Motta (2002), de acordo com a concepção estruturalista, as relações entre as partes da organização são de grande importância, o que leva os autores, analistas e críticos a darem um destaque todo especial às relações entre organização formal e organização informal na análise de qualquer tipo de organização.

Segundo Mintzberg (1995), independente dos meios de formalização, que podem ser: função, fluxo de trabalho ou normas, sempre se terá o mesmo efeito sobre a pessoa que executa o trabalho, ou seja, seu comportamento é regulamentado. Segundo pesquisas – coordenadas pelo próprio Henry Mintzberg – feitas por estudantes da McGill University, constatou-se que os organogramas especificavam as estruturas formais, mas não descreviam os padrões de comunicação e as relações de poder que realmente ali existiam. Tais relações eram simplesmente fluidas em demasia para serem formalizadas, pois a estrutura tinha de naturalmente evoluir e continuamente mudar. Finalmente, deveria ser observado que organizações com forte orientação estruturalista criam mecanismos de trabalho naturais independentes com tipos de estruturas informais e diferentes da formal com o fim de perfazer suas tarefas e trabalhos específicos.

Isso pode ser explicado pelo fato de que profissionais trazem à organização um conjunto de paradigmas externos – derivados de suas profissões – pelos quais podem direcionar seus próprios comportamentos. A presença de formalização é, portanto, uma redundância normativa, que é provavelmente percebida como menos válida que as normas da profissão envolvida. Para profissionais, então, quanto maior o grau de formalização organizacional, maior a probabilidade de alienação do trabalho (HALL, 1998). Isso significa que há uma grande insatisfação com o trabalho naquelas

organizações em que as tarefas são rigidamente estruturadas; rigidez pode levar a fortes sentimentos de insatisfação no trabalho, mas não parece ter um impacto deletério nas relações sociais dentro da organização.

Percebe-se que neste momento a organização tem dois caminhos a seguir: Primeiro, se é permitida pouca liberdade aos seus membros, eles estarão susceptíveis a sentirem-se oprimidos, alienados, burocratizados e a engajarem-se às regras pelas próprias regras. Segundo, se por outro lado é permitida grande liberdade, o comportamento poderia tornar-se errático e – do ponto de vista organizacional – irrelevante. O fator básico aqui é o tipo de delineamento para o comportamento que os próprios indivíduos trazem à organização. Quanto mais padrões de ação são trazidos pelos indivíduos, menor a necessidade por padrões baseados na organização.

## **4. Considerações Finais**

Para poderem funcionar adequadamente, as organizações precisam de uma estrutura que sirva de base para conter e integrar os órgãos, pessoas, tarefas, relações, recursos e etc. Assim isto, influenciará diretamente na forma com que a organização obterá seus objetivos e metas, além da realização das atividades.

Neste sentido, a organização não tem todos os mecanismos para identificar as pessoas, no sentido de saber, toda a bagagem de conhecimento e experiências que as mesmas adquiriram durante o seu processo de formação, não apenas na vida pessoal como profissional. Mesmo a consideração de critérios relativamente simples como à relevância das categorias profissionais conhecidas é insuficiente para prevêê-lo, visto que nem todos os membros de uma profissão agem de acordo com seus padrões e nem todos os padrões profissionais são bons para todas as organizações.

O nível de formalização e estruturação das atividades têm efeitos determinantes nos níveis de satisfação dos membros da organização e no clima organizacional percebido. Ao mesmo tempo, restrições de papéis e reforço de regras têm efeitos negativos. Regras bem delineadas – a princípio – proporcionam uma diretriz mais cheia de sentido para o trabalho. E a formalização reduz a ambiguidade de ações.

A relação entre os níveis de formalizações e as expectativas dos membros das organizações é a chave para equacionar as reações dos indivíduos às estruturas organizacionais formalizadas. Assim, cada empresa deve analisar seus processos e seu desenvolvimento, e a necessidade de dar mais ou menos liberdade aos seus funcionários no sentido, de manter uma coesão com os objetivos organizacionais, sem privar os indivíduos que fazem parte do quadro de funcionários da empresa, de aspectos, como criatividade e inovação dos procedimentos e decisões e de criação. Quando isto for interessante para o alcance dos objetivos. Ou em contrapartida, ao buscar

melhor controle e racionalidade de procedimentos, no caso, onde não se objetiva que o funcionário exerça além daquilo que fora previamente estabelecido.

Em todo o caso, é de suma importância observar que as pessoas não são máquinas, e que seu aspecto humano, ou seja, sua individualidade, sempre estará presente na realização das atividades, e isto, pode ser um fator de menor motivação e também de menor resultado, sendo interessante para próximas pesquisas, verificar como a motivação e a individualidade influenciam no processo de obtenção de resultados, em situações de grande formalização ou baixa formalização.

---

## **The Risks of Formalization to Small Companies**

**Abstract:** This article aims to discuss the influence of organizational structure on the performance of the organizations activities and its reflection in organizational behavior, analyzing the drawbacks of excessive formalization for small companies, not failing to understand also that the lack of formalization can derail the company in different ways, for example, in customer services, the current legislation, suppliers and even the rights of their employees, so it is also important to analyze that a well-established organizational structure is a prerequisite of "healthy organizational", but it is not the health itself that will determine the clarity and perfection of the structure, but what ensures the success of the organization's performance achieved through good management of this organization.

**Keywords:** Organizational Structure; formalization.

---

## **Referências bibliográficas**

CHIAVENATO, Idalberto. **Comportamento Organizacional: A Dinâmica do Sucesso das Organizações**. 2º Edição, Editora Elsevier, Rio de Janeiro: 2005.

CHIAVENTAO, Idalberto. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. 8º Ed. Editora Elsevier, Rio de Janeiro 2011.

DRUCKER, Peter F. **Administração, tarefas, responsabilidades, práticas**. 2ºEd. Editora Pioneira. São Paulo: 1975.

HALL, Richard H. **Organizations: structures, processes and outcomes**. 7.ed. Editora Prentice Hall. New Jersey: 1998.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria Geral da Administração: da escola científica à competitividade em economia globalizada**. Editora Atlas. São Paulo: 1997.

MINTZBERG, Henry. **Criando Organizações Eficazes**. Editora Atlas. São Paulo: 1995.

MOTTA, Fernando Cláudio Prestes. **Teoria Geral da Administração**. Editora Pioneira Thomson Learning. São Paulo: 2002.

ROBBINS, Stephen P. **Administração: mudanças e perspectivas**. Editora Saraiva. São Paulo: 2002.

ROBBINS, Stephen P. **Comportamento Organizacional**. Editora Pearson Prentice Hall. São Paulo: 2007.

**SEBRAE:**<[HTTP://www.brasil.gov/economia-e-emprego/2012/02/o-mapa-das-micro-e-pequenas-empresas](http://www.brasil.gov/economia-e-emprego/2012/02/o-mapa-das-micro-e-pequenas-empresas),> Acesso dia 13/08/2014 as 00h09min.

# 2

## CAPÍTULO

# A CERTIFICAÇÃO COMO ELEMENTO DA VANTAGEM COMPETITIVA

**Rezende, Maryele<sup>1\*</sup>;**  
**Rosalem, Vagner <sup>2</sup>;**  
**Fernandes, Queli<sup>1</sup>;**  
**Caetano, Frederico<sup>1</sup>;**  
**Santos, Anderson<sup>3</sup>**

1 Mestrando no PPGGO/UFG-Regional Catalão

2 Professor no PPGGO/UFG-Regional Catalão

3 Instituto Federal de Minas Gerais

\* **email: [adm.maryele@gmail.com](mailto:adm.maryele@gmail.com)**

---

**Resumo:** A exigência de certificação ambiental tem se tornado um instrumento de vantagem competitiva nas empresas brasileiras. O presente trabalho abordará, de forma sucinta, os tipos de certificação ISO 9000, ISO 14000 e NBR (ABNT) em uma empresa de fabricação de autopeças na cidade de Lavras. O objetivo do trabalho foi tratar a problemática da certificação como uma forma de vantagem competitiva entre as empresas inseridas no mercado globalizado. Observou-se que para a obtenção da certificação foram adotadas práticas de prevenção da poluição, a melhoria contínua dos processos e o treinamento dos funcionários.

**Palavras-chave:** Certificação; ISO 9000; ISO 14000

---

Rezende, Maryele; Rosalem, Vagner; Fernandes, Queli; Caetano, Frederico; Santos, Anderson. "A CERTIFICAÇÃO COMO ELEMENTO DA VANTAGEM COMPETITIVA", p.10-23. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3003>

## **1. Introdução**

O presente trabalho abordará, de forma sucinta, os tipos de certificação, a saber: ISO 9000, ISO 14000 e NBR (ABNT), dando evidência à ISO 14000 pois a mesma tem relação direta com a preservação ambiental.

“A exigência de certificação ambiental tem se revelado um excelente instrumento de mudança de comportamento das empresas brasileiras. As empresas exportadoras de recursos naturais ou de seus derivados são as mais exigidas em certificados de qualidade ambiental. As principais certificações que discriminam as exportações brasileiras o Ecotex para o setor têxtil, o Certificado de Origem para madeira ou lenha, o Ecolabel da União Européia, e mais recentemente a BS 7750 e a ISO 14000”. (Maimon, 1996).

O desenvolvimento sustentável de uma região requer a seleção de sistemas de produção que atentem para condições ambientais diversificadas, e conseqüentemente, a escolha de tecnologias adequadas a cada um desses sistemas nesses ambientes. Devem, assim, contemplar características que propiciem a estabilidade ecológica (qualidade do ambiente), econômica (rentabilidade) e social (equidade) da região.

“A revolução ambiental, fenômeno marcante das últimas décadas, traz no seu bojo a consciência planetária, uma nova visão do mundo e uma verdadeira “ecologização das mentes”, a qual por sua vez impacta o conjunto das ciências, em particular das ciências sociais e humanas.” (Sachs, 1997).

Dessa forma, tratar-se-á da problemática da certificação como forma de vantagem competitiva entre as empresas inseridas no mercado globalizado.

## **2. Certificação**

A certificação é uma prática que surgiu da necessidade de se identificar a procedência e o processamento de um alimento orgânico, permitindo ao agricultor um produto diferenciado e mais valorizado, estabelecendo uma relação de confiança com o consumidor. É um procedimento

que inspeciona e orienta a produção e o processamento de alimentos segundo as normas e práticas de produção orgânica, garantindo ao consumidor a sua procedência isenta de contaminação química, respeitando o meio ambiente e o trabalhador, e assegurando ao produtor um diferencial de mercado para os seus produtos.

“A Certificação da Conformidade consiste em atestar, que um Produto, Serviço, Sistema ou Pessoal, atende aos requisitos de uma Norma, Especificação ou Regulamento Técnico, nacional ou internacional.” (INMETRO,2003).

### **2.1. Histórico**

Se formos perceber as alterações ocorridas em nosso planeta, devemos fazer isso retrocedendo a 65 milhões de anos, quando um meteoro atingiu a terra e alterou profundamente os ecossistemas de então. Muitas espécies desapareceram. De lá para cá, outros fenômenos, como terremotos e vulcões, também têm causado impactos sobre o meio ambiente.

Porém nenhum deles o faz com tamanha profundidade como o ser humano, apesar do imenso desafio que o mesmo faz para protegê-lo.

Nos tempos modernos a preocupação com a conservação dos recursos naturais e com a degradação da biosfera podem ser identificados por diversos autores: Malthus, Darwin, Humboldt, Strong e Sachs, entre outros.

Somente a partir da segunda metade do século XX, mais precisamente na década de 60, é que um grupo de cientistas reunidos no chamado CLUBE DE ROMA, baseando-se em modelos matemáticos, preveniram os riscos de um crescimento econômico contínuo, levando-se em conta os recursos naturais esgotáveis. Esse relatório foi publicado e apresentado em 1972, na Conferência de Estocolmo sobre o Meio Ambiente.

Na década de 60 surgiram os primeiros ambientalistas, motivados pela contaminação das águas e do ar nos países industrializados, a exemplo da Baía de Minamata, no Japão. Criou-se, a partir daí, a conscientização de que resíduos incorretamente dispostos podem “penetrar” na cadeia alimentar e contaminar o homem.

Os anos 70 foram a década da regulamentação e do controle ambiental. Após a Conferência de Estocolmo, as nações começaram a estruturar seus órgãos ambientais e a estabelecer suas legislações, visando controlar a poluição ambiental.

Nesta mesma época (1973), deu-se uma crise energética, causada pelo aumento do preço do petróleo, o que fomentou a discussão de novos temas: racionalização do uso de energias; e busca por combustíveis mais puros, de fontes renováveis, evidenciando o meio ambiente e a conservação de energia.

O conceito de desenvolvimento sustentável começa a surgir e a ganhar força. Em 1978 surge na Alemanha o primeiro selo ecológico: o “ANJO AZUL”, rotulando produtos ambientalmente corretos.

Nos anos 80, com a entrada em vigor de legislações específicas que controlam a instalação de novas indústrias e estabelecem exigências para as emissões das já existentes, desenvolvem-se empresas especializadas na elaboração dos EIA / RIMA. Ainda nessa década, a proteção ambiental, que era vista por um ângulo defensivo, começa a ser considerada por empresários como uma necessidade.

A globalização das preocupações com a conservação do meio ambiente encerrou a década de 80. Dois exemplos dessa preocupação global foram o Protocolo de Montreal, que baniu o CFC; e o Relatório Bruntland, que disseminou o conceito de desenvolvimento sustentável.

Na “RIO92” a questão ambiental ultrapassa os limites das ações isoladas e localizadas, por se constituir uma ação da humanidade. Nessa mesma época, em 1992, assistiu-se a entrada em vigor das normas britânicas BS 7750 – Specification for Environmental Management Systems (Especificação para Sistemas de Gestão Ambiental), que serviram de base para a elaboração de um sistema de normas ambientais a nível mundial. A entrada em vigor dessas normas internacionais de gestão ambiental, denominadas de SÉRIE ISO 14000, constituem o coroamento de uma lon-

ga caminhada em prol da conservação do meio ambiente e do desenvolvimento em bases sustentáveis.

## 2.2 Para que serve a certificação

A globalização de mercados, instaurada a partir do século passado, aliada às correntes e demandas de uma população mundial cada vez mais conscientizada e ativa na busca de seus direitos, culminaram na necessidade de um indicador com identidade visual própria, reconhecido a nível internacional, que assegurasse a produção dentro das demandas das “boas práticas de controle”, exigidas pela sociedade.

A certificação é uma prática que surgiu da necessidade de se identificar a procedência e o processamento de um alimento orgânico, permitindo ao agricultor um produto diferenciado e mais valorizado, estabelecendo uma relação de confiança com o consumidor. É um procedimento que inspeciona e orienta a produção e o processamento de alimentos segundo as normas e práticas de produção orgânica, garantindo ao consumidor a sua procedência isenta de contaminação química, respeitando o meio ambiente e o trabalhador, e assegurando ao produtor um diferencial de mercado para os seus produtos.

### 2.2.1 A Certificação e o Comércio Internacional

Ao longo das últimas décadas, especialmente na década de 1990, tornou-se crescente a necessidade de apresentar certificado de sistema de gestão e de produtos para viabilizar relações comerciais entre empresas de diferentes países.

Em razão dessa exigência, as exportações de produtos e serviço passaram a impulsionar o crescimento e fortalecimento dos sistemas nacionais de certificação e credenciamento nos mais variados países. Contudo a necessidade de manutenção de credibilidade, conjuntamente com o aumento do volume de exportações, estimulou a adoção de acordos de reconhecimento mútuo entre os sistemas de certificação ou de credenciamento.

A Certificação demonstra a conformidade da empresa em relação a requisitos de documentos normativos nacionais e internacionais. Isto é, a empresa se padroniza em relação ao mercado mundial, na venda e compra de seus produtos. Os governos mundiais, tanto quanto ONG's e órgãos que promovem a defesa ambiental ao redor do mundo, estão cada vez mais preocupados com “seu bem estar”. Dessa forma, para se promover a recepção de produtos no mercado externo, atentou-se para esta forma de ajudar a manter a natureza o menos intocada possível ou pelo menos que os

motivos impactantes negativamente pudessem ser minimizados.

## 2.3 O que a empresa certificada ganha

- A- Garantia de níveis de qualidade mínimos dos fornecedores;
- B- Mobilização e motivação dos funcionários diante do objetivo comum de alcançar e manter a certificação de qualidade;
- C- Avaliação contínua da eficiência do sistema implantado, com a correção das "não-conformidades" apontadas;
- D- Atendimento às exigências do mercado;
- E- Comprovação do empenho da empresa em relação à oferta de serviços e produtos de qualidade;
- F- Ganho em agilidade com a maior integração entre as funções da empresa, divisão de responsabilidades e treinamento dos funcionários;
- G- Construção de um sistema de gestão adequado à realidade da empresa e possibilidade de saltos de produtividade.

### 2.3.1 Explicando:

- A) a certeza (pelo menos primária) de que seus fornecedores também estão atentos para a preservação ambiental.
- B) o engajamento dos funcionários diante da manutenção da preservação, seja ela em que amplitude for.
- C) uma constante atenção para o que pode ser melhorado dentro da empresa, com o intuito de preservação.
- D) se a empresa quiser se manter competitiva no mercado (tanto interno quanto externo), deve-se estar dentro dos padrões exigidos por este mesmo mercado.
- E) os consumidores, finais ou não, saberão que tal empresa trabalha / produz um "mínimo impacto" na natureza.
- F) os funcionários se sentirão motivados por fazerem parte da importante tarefa de preservar, desta forma espera-se que "trabalhem melhor".
- G) trabalhando-se dentro dos padrões exigidos pelo mercado, espera-se que seus produtos tenham uma aceitação e uma saída melhor pelos compradores / consumidores.

## 2.4 A importância da normatização

A competitividade cada vez mais acirrada, somada às exigências crescentes dos mercados globalizados e das necessidades da sociedade, requer a adoção de novos métodos de gerenciamento da produção e da gestão tecnológica nas empresas, que dependem da capacidade de incorporação de novas tecnologias de produtos e de processos, especialmente na atividade produtiva: os consumidores, principalmente finais, estão preocupados com a manutenção do seu modo de vida em prol da natureza e de como preservá-la ao máximo, sem perder seu padrão de consumo. Assim sendo, quanto mais uma empresa / órgão puder contribuir para esta preservação, mais seus produtos / serviços serão bem aceitos e consumidos, mantendo-se uma rotatividade e lucratividade. E para se manter neste competitivo mercado, novas tecnologias devem ser estudadas e colocadas em prática constantemente, para que a produção seja sempre “limpa”.

Anormatização consiste em organizar a cooperação efetiva entre as diferentes áreas da economia nacional, de modo a:

- proteger a saúde e a segurança humana;
- buscar constantemente melhores índices de produtividade;
- conservar as fontes de recursos naturais;
- minimizar o desperdício;
- ajudar na transferência de tecnologia;
- facilitar o comércio nacional e internacional.

## 2.5 Tipos de certificação

### 2.5.1 ISO 9000

Seguindo a tendência global, muito se tem investido na qualidade como forma de reduzir custos e tempos de ciclo, incrementar vendas e aumentar a lucratividade de seus negócios. O crescimento exponencial de certificações ISO 9000 é prova disso (OSÓRIO, 1995).

Migrar para uma política de incentivo à competitividade centrada na qualidade significa adesão a princípios e programas de focalização no cliente, de melhoria contínua e de capacitação de recursos humanos, elementos estruturais de gerenciamento da qualidade (JURAN, 1993). A não adesão organizacional a estes elementos explica muitos dos insucessos na implantação de programas da qualidade no Brasil e no exterior. O desenvolvimento de parcerias entre as áreas de recursos humanos e as demais áreas funcionais e enriquecimento das atividades tradicionais de gestão de

recursos humanos - recrutamento, seleção, remuneração, descrição e análise de cargos, treinamento, desenvolvimento gerencial e planejamento de sucessão (MABEY & SALAMAN, 1995) - podem colaborar para redução desses insucessos. Desempenham um papel decisivo no re-posicionamento da gestão de recursos humanos como uma área de capital importância na formulação e na implementação de estratégias competitivas centradas na qualidade.

Toda vez que somos compelidos a fazer alguma coisa que não conhecemos direito a primeira reação sem dúvida é a rejeição. Não seria diferente quando falamos em certificação ISO 9001.

O processo de preparação de empresas para a certificação na norma ISO 9001 têm sofrido várias interpretações. Estas posições são naturais afinal é mais uma situação em que o empresário também não foi preparado. Sem cultura para a sua necessidade o que fica é burocracia. Ou seja, certificar para atender a alguém, a uma licitação, ou seja lá o que for. Tem-se percebido que existem duas abordagens que devem ser separadas: uma diz respeito a como a empresa se auto-gerência; qual é a sua visão de sociedade, de participação na comunidade e outra que diz respeito a apenas o processo burocrático de se preparar a empresa para uma auditoria de certificação.

Definidas estas abordagens fica mais fácil perceber a importância do processo de certificação como mais um instrumento gerencial que qualquer outra coisa. E, naturalmente, ser absorvido por todos. É claro que a forma de se iniciar neste processo também é determinante do seu resultado. Uma boa estrutura de capacitação interna nas empresas ajuda bastante a diminuir os impactos de novas culturas. Por outro lado uma boa consultoria é capaz de promover um ambiente fértil de mudanças orientando na forma e na dosagem do processo de modernização empresarial. Entender que no final das contas estamos falando de oportunidades de melhoria para as pessoas e empresas conseqüentemente. Qualquer técnica, método, cultura só tem sentido se somar ao modelo de gestão organizacional, do contrário é apenas oportunismo.

A ISO 9000 é dividida em quatro tipos:

- A ISO 9001, refere-se ao design, produção, instalações e sistema de serviço;
- A ISO 9002, engloba a produção e instalações;
- A ISO 9003, cobre apenas o produto (inspeção e testes).

Enquanto estas três modalidades podem ser utilizadas no relacionamento contratual entre clientes e fornecedores, a ISO 9004 é um guia para uso interno com o objetivo do desenvolvimento de um sistema de qualidade. O tipo de certificação a escolher depende do caso individual de cada empresa.

### 2.5.2.1 O que é ISO 14001?

A Norma ISO 14001 é um instrumento voluntário, de âmbito internacional, que permite 'gestionar' os impactos de uma atividade, de um produto ou de um serviço em relação com o meio ambiente. Qualquer organismo, seja qual for seu tamanho e sua implantação no mercado mundial, pode-se reger por esta norma. A Norma ISO 14001 estabelece o sistema de gestão ambiental da organização e, assim:

1. avalia as conseqüências ambientais das atividades, produtos e serviços da organização;
2. atende a demanda da sociedade;
3. define políticas e objetivos baseados em indicadores ambientais definidos pela organização que podem retratar necessidades desde a redução de emissões de poluentes até a utilização racional dos recursos naturais;
4. implicam na redução de custos, na prestação de serviços e em prevenção;
5. é aplicada às atividades com potencial de efeito no meio ambiente;
6. é aplicável à organização como um todo.

Ressalta-se, contudo, que nem as normas ISO 9000 nem aquelas relativas ISO 14000 são padrões de produto. O padrão de manejo do sistema nessas famílias de normas estabelece requerimentos para direcionar a organização para o que ela deva fazer para manejar processos que influenciam a qualidade (ISO 9000) ou processos que influenciam o impacto das atividades da organização no meio ambiente (ISO 14000). A natureza do trabalho desenvolvido na empresa e as suas especificidades em termos de demandas determinam os padrões relevantes do produto que devam ser considerados no contexto das normas ISO (ISO, 2000).

### 2.5.3 NBR

As normas da Série ISO 14000, editadas no Brasil pela ABNT sob o nome de NBR ISO 14000, são um conjunto de normas de garantia da qualidade ambiental, das quais apenas uma, a NBR ISO 14001, é passível de certificação.

#### 2.5.3.1 Objetivos

Esta norma internacional especifica requisitos para um sistema de gestão da qualidade quando uma organização:

a) necessita demonstrar sua capacidade para fornecer de forma coerente produtos que atendam aos requisitos do cliente e requisitos regulamentares aplicáveis, e

b) pretende aumentar a satisfação do cliente por meio da efetiva aplicação efetiva do sistema, incluindo processos para melhoria contínua do sistema a garantia da conformidade com requisitos do cliente e requisitos regulamentares aplicáveis.

A NBR ISO 14001 tem por finalidade “equilibrar a proteção ambiental e a prevenção de poluição com as necessidades socioeconômicas”. (NBR ISO 14001, 1996,p.2). Ou seja, está calcado no Ambientalismo Renovado.

Existem duas formas de certificação:

**Certificação Compulsória** - É decorrente de regulamentações de cunho legal, através de leis, decretos e outros, enquadrando, de uma forma geral, produtos, empresas, pessoas que atuam nas áreas da Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Alimentação. Por exemplo: brinquedos, extintores de incêndio e outros.

**Certificação Voluntária**- É aquela decorrente de práticas ou exigências do mercado, que introduz confiança/confiabilidade ao produto, empresa ou pessoa certificados. Por exemplo: a certificação de sistemas da qualidade por uma norma da família ISO 9000.

### **3. Estudo de caso**

A empresa estudada é líder do mercado brasileiro na fabricação de autopeças, seu produto principal é o amortecedor, é exportadora para a América do Sul, Estados Unidos e Europa, escolhida para o estudo por ter uma estação de tratamento de efluente industrial altamente capacitada em termos de tecnologia e precisão e também por ter desenvolvido um Sistema de Gestão Ambiental onde os objetivos e metas são estabelecidos com base nos aspectos e impactos ambientais significativos, objetivando a prevenção da poluição, preocupando-se com a racionalização do consumo de recursos naturais e mantendo sob controle as emissões de resíduos sólidos, líquidos e gasosos.

#### **3.1 Características gerais da empresa industrial estudada:**

A empresa estudada é uma transnacional, pertencente ao setor metalúrgico, que veio para Lavras/MG em 1988. Em 1997 foi comprada por um grupo italiano; tem várias unidades independentes no Brasil no ramo de amortecedores, com a matriz em Mauá e uma unidade em Lavras; escapamentos em Amparo, e a parte de montagem e suspensão tem uma unidade dentro da Fiat em Betim/MG com aproximadamente 300 funcionários; o amortecedor é fabricado em Mauá e mandado para a unidade dentro da Fiat em Betim, onde se monta a suspensão a qual já é levada

pronta para o carro.

## 3.2 Sistema de Gestão Ambiental da Unidade de Lavras:

Assim que a empresa foi transferida para o grupo italiano, em setembro de 1998, a diretoria decidiu que Lavras seria a primeira fábrica do grupo a ser certificada com o ISO 14001, e deu o prazo de 01 ano para que a unidade estivesse pronta para a certificação. Em setembro de 1999, a fábrica foi certificada e, com a certificação, sempre é feita uma avaliação prévia do Sistema. Cabe ressaltar que esta foi a primeira fábrica da América Latina a ser certificada com o ISO 14001.

A unidade de Lavras foi escolhida para a primeira certificação (ISO 14001) devido a seu forte sistema de qualidade e de tratamento, já em desenvolvimento, que facilitaria o trabalho de implantação, ocorreu também a exigência de um de seus principais fornecedores; observa-se com isso que a certificação hoje é uma exigência também do fornecedor.

Para exportar atualmente sem uma certificação ISO 14000, no caso da empresa estudada, é muito difícil, pois não se consegue o mercado, que está cada vez mais exigente. De 1999 até 2002, de 06 em 06 meses, há uma auditoria para ver a conformidade do seu sistema; isto é, se seu sistema está atendendo as normas de todas as legislações ambientais, por isso elas e todo o sistema são verificados nestes períodos.

### 3.2.1 Antes da certificação

Antes da certificação, a empresa estudada cumpria basicamente o que era exigido pela FEAM, fazendo o monitoramento de todas as chaminés, o que é feito anualmente; da área de cromação, de pintura, monitoramento de saída de efluentes. Tem-se para isso um monitoramento padrão, caso haja algum problema, alguma desconformidade, tem-se 15 dias para providenciar o conserto e deixar conforme os padrões estabelecidos.

Até 1998, a empresa estudada basicamente cumpria condicionantes; e, a partir da certificação, além dessas condicionantes, passou-se a cumprir também as condicionantes de toda legislação ambiental pertinentes aos seus processos. Hoje na empresa estudada são identificadas 355 legislações que têm de ser cumpridas; todas as atualizações das legislações municipal, estadual e federal, pertinentes ao sistema da empresa, são feitas em seu próprio banco de dados por uma empresa especializada em sistema de gestão ambiental. Tudo o que não está adequado tem, obrigatoriamente, que ser adequado.

Em 2002, a empresa estudada foi re-certificada, pois de 03 em 03 anos há uma re-certificação. Essa re-certificação é feita devido ao sério problema que estava ocorrendo com o ISO 9000, em âmbito nacional: estava acontecendo uma espécie de "fraude" nas certificações: muitas empresas estavam comprando essa certificação.

O que acontece agora é que o INMETRO passou a controlar os certificados e as certificadoras. Hoje vale a pena novamente correr atrás da certificação e agir em conformidade como sistema, pois ocorre uma credibilidade maior para o trabalho da empresa.

A auditoria na empresa estudada agora é semestral, e em qualquer auditoria o INMETRO poderá vir acompanhando o auditor, se assim julga necessário.

### 3.2.2 Estações de Tratamento:

A empresa estudada tem 03 estações de tratamento:

- 01 estação de tratamento de água potável;
- 01 estação de tratamento de efluentes industriais; e
- 01 estação de tratamento de efluentes domésticos sanitários, onde também são tratados os efluentes do restaurante

Em 1988 a fábrica tinha uma estação de tratamento precária e os resíduos pesados, como o cromo e manganês, eram enviados para a unidade de Mauá para serem tratados lá; o restante era tratado na unidade de Lavras mesmo. Em 1994 foram investidos na estação de Lavras cerca de 2 milhões de dólares e ela passou a ter uma área construída de 200 m<sup>2</sup>; sua capacidade de tratamento passou a ser de 480m<sup>3</sup>/dia e o volume tratado hoje é de 216m<sup>3</sup>/dia.

Na estação de tratamento de efluentes industriais tem um painel de monitoramento: toda a dosagem do produto químico que é feita na estação, é controlada por este painel; qualquer problema que ocorrer na estação - como a dosagem do produto errada ou um problema no sensor ou na leitura do pH ou qualquer outra coisa - uma sirene dentro desta sala é disparada. Neste monitor há vários parâmetros a serem monitorados na estação, qualquer problema é operado nela mesmo: caso haja falha na estação, ela pode ser operada manualmente.

Há um intervalo de 12 horas caso aconteça um black-out: este prazo é para circular a água que está na estação para ser tratada. Há um conselho de segurança para que não sejam descartados os efluentes para a rua; então há este intervalo de 12 horas para solucionar qualquer problema na parte elétrica. A partir dessas 12 horas, se não for solucionado o problema, tem que começar a parar a produção, com o intuito de diminuir a vazão. Isso não aconteceria antes do sistema de gestão ambiental ser implantado: a produção jamais seria parada por este motivo. Hoje a nova diretoria da empresa estudada trabalha com recursos humanos, não só na área industrial; ela é paralela à diretoria industrial, com isso ela tem autonomia, havendo o contato direto com o diretor.

A estação de efluentes sanitários é feita através de bactérias aeróbias (antes era tratado com bactérias anaeróbias), mas não estava atingindo os padrões reco-

mandados pela FEAM; iniciou-se então uma melhoria no sistema e a diretoria definiu que fosse construída essa estação de tratamento com bactérias aeróbias, com lodos ativados. Esse investimento foi de 300 mil dólares e ficou pronta em novembro de 2002, possuindo uma área construída de 224m<sup>2</sup> e uma capacidade de tratamento de 200m<sup>3</sup>/dia; o volume tratado hoje é de 80m<sup>3</sup>/dia. Assim atende-se os padrões e tem-se uma capacidade ociosa muito grande.

### 3.2.3 O Monitoramento Ambiental:

Na empresa estudada, tem que ser feito um monitoramento de todos seus insumos, resíduos, produtos químicos, tudo que é ligado e está dentro do sistema de gestão ambiental. O grande volume de resíduo é o óleo de amortecedor, chegando a 232 mil litros por mês.

A empresa consome dois tipos de água: a água que vem de uma reserva chamada "Poço Bonito" na própria cidade e a água da COPASA. A água vinda da reserva era negociada através de um acordo com a fundação; hoje ela é comprada e em grande volume (cerca de 11 mil m<sup>3</sup>/mês). A água da COPASA somente é utilizada quando ocorre algum problema com a outra.

A energia elétrica utilizada é de cerca de 1.339.000 kw/hora; em 1998 passou-se a utilizar o gás GLP para a movimentação de 03 caldeiras, como exigido pela lei do Sistema de Gestão Ambiental. Com a utilização do gás GLP a empresa estudada teve um aumento em seus custos, pois o gás era subsidiado e, portanto, bem mais barato.

## 4. Conclusão

A empresa estudada organizou, com a implantação do Sistema de Gestão Ambiental, um compromisso de melhoria contínua e de desempenho ambiental das atividades, produtos e serviços, e também de atendimento à legislação ambiental. A cidade de Lavras ganhou muito, pois é doado a determinadas entidades um número muito grande de resíduos, que são reaproveitados e ajudam muitas famílias carentes.

Para a implantação deste Sistema de Gestão Ambiental a empresa fez um treinamento de todos seus funcionários, abordando somente assuntos ambientais e também realizou um trabalho de conscientização. Assim, todos colaboraram e saíram ganhando: a empresa ganhou a abertura de novos mercados (antes exportava para 45 países, hoje exporta para cerca de 62 países), o fornecedor e o consumidor ganharam mais qualidade nos produtos e a proteção de seu meio ambiente.

A adoção de práticas de prevenção da poluição, a melhoria contínua de seus processos, o estabelecimento de objetivos e metas ambientais e a monitorização ambiental, são os meios utilizados para garantir resultados cada vez melhores na proteção ao Meio Ambiente.

---

## **Certification as Element will Competitive Advantage**

**Abstract:** The requirement for environmental certification has become a tool of competitive advantage in Brazilian companies. This paper will discuss, briefly, the types of ISO 9000, ISO 14000 and NBR (ABNT) in a company manufacturing auto parts in Lavras. The objective was to address the issue of certification as a means of competitive advantage between firms inserted in the global market. It was observed that for obtaining certification practices were adopted pollution prevention, continuous improvement of processes and training employees.

**Keywords:** Certification; ISO 9000; ISO 14000.

---

## **Referências bibliográficas**

- GOMES, E. R.; OSÓRIO, P. M. (1995). **ISO 9000: o que muda com a revisão. Controle da Qualidade**, n. 40, set.
- JURAN, J. M.; GRYNAL, F. (1993). **Quality analysis and planning**. New York, McGraw Hill. Cap. 6.
- MAIMON, D. **Passaporte Verde: gestão ambiental e competitividade**. Rio de Janeiro: Qualitymark Ed., 1996.
- MABEY, C.; SALAMAN, G. (1995). **Strategic human resource management**. London, Blackwell.
- ROMEIRO, A. R. **Economia do meio ambiente: teoria, políticas e gestão de espaços regionais**. Campinas, SP: UNICAMP, 1996.
- TIBOR, T. **ISO 14000: um guia para as normas de gestão ambiental**. Tradução Bazán Tecnologia e Lingüística. São Paulo: Futura, 1996.
- <www.inmetro.gov.br>** (Acessado em 28/11/2003).

# 3

## **O MODELO DE CAMPOS E ARMAS DA COMPETIÇÃO EM ESTUDOS CIENTÍFICOS SOBRE ACADEMIAS: UMA ANÁLISE QUANTITATIVA**

**Camargo, Victor Hugo 1;  
Gondim, Neiomar 1;  
Hordones, Paulo Antônio 1 \***

1 Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional da Universidade Federal de Goiás/Catalão(PPGGGO-UFG)

**\* email: [ecn.pauloantonio@gmail.com](mailto:ecn.pauloantonio@gmail.com)**

---

**Resumo:** O conceito de estratégia competitiva vem sendo desenvolvido desde a década de 1950, por importantes autores internacionais, atualmente temos um modelo proposto por José Celso Contador que fundamenta a competitividade de empresas a partir de conceitos como campo e arma da competição. O presente estudo tem por objetivo avaliar do ponto de vista quantitativo e também qualitativo a utilização do modelo de campos e armas da competição em produções científicas sobre academias de modelo fitness no Brasil. A pesquisa justifica-se por entender que esse modelo de avaliação da competitividade de empresa, tem grande potencial de mensuração competitiva do mercado Fitness do Brasil. Metodologicamente foi proposto uma revisão que buscasse atender aos objetivos da pesquisa. Os resultados apontaram apenas dois estudos que abordavam o modelo de campos e armas de competitividade em academias. Conclui-se que pouca atenção tem sido dada por essa importante metodologia de avaliação estratégica em estudos sobre academias no Brasil. O modelo CAC se apresenta com um passo a frente nos métodos de avaliação de empresas, principalmente brasileiras e necessita ser melhor utilizado principalmente, no ramo de academias que vem crescendo substancialmente no país.

**Palavras-chave:** Competitividade; Academia; fitness

---

Camargo, Victor Hugo; Gondim, Neiomar; Hordones, Paulo Antônio. "O MODELO DE CAMPOS E ARMAS DA COMPETIÇÃO EM ESTUDOS CIENTÍFICOS SOBRE ACADEMIAS: UMA ANÁLISE QUANTITATIVA", p.24-33. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3006>

## **1. Introdução**

Desde o surgimento do modo de produção capitalista a percepção e o desenvolvimento de novas relações entre a sociedade e os modelos de comercialização fizeram-se presentes no âmbito gerencial e econômico de diversas organizações, a disputa pela hegemonia de interesses do mercado evoluiu a um processo de competição que nos dias de hoje atinge uma parcela considerável dos esforços de boa parte das empresas do mundo. A grande verdade é que sobressaem em meio a essa batalha pela preferência do consumidor aquelas empresas que no intuito de aumentar seus rendimentos, o retorno sobre os recursos investidos e a estabilidade nos mercados em que atuam, buscam atingir e influenciar o seu consumidor de acordo

com sua especificidade sócio-econômica, em outras palavras, avaliando, pesquisando e oferecendo o que ele precisa e deseja.

É quando lançamos mão de um conceito introduzido na sociedade entre os anos de 1957 e 1962 por nomes como Selznick, Chandler, Learned et al. e Ansoff, o conceito que seria entendido anos depois como planejamento estratégico (CONTADOR, 2011). Ao longo das décadas a evolução desse ideal de pensamento proporcionou um movimento no que diz respeito ao referencial teórico da área que hoje percebemos ter sido de profunda relevância não só para gestores, como para pesquisadores do mundo inteiro. A década de 1970, por exemplo, foi notadamente o ponto de partida para o enfoque no planejamento estratégico, uma vez que foram conceituadas expressões usualmente conhecidas no âmbito da gestão de negócios da atualidade, como planejamento tático, operacional e estratégico, ferramenta Swot e seus fundamentos como definição de negócio, visão, missão, valores. Nesse mesmo percurso a década de 1980 apresenta a diferenciação entre estratégia competitiva e vantagem competitiva, formulada por Porter a partir da consideração de fatores externos à organização (CONTADOR, 2011).

O enfoque de Porter nos fatores extra-organizacionais instigou o surgimento, nas décadas de 1980 e 1990, de um grupo de oposição a seus ideais, que acreditava estar nos fatores internos da empresa, a chave de uma boa vantagem competitiva, grupo esse que se confundia com a RBV (Resource Based View), modelo de rendimento concentrado nas capacidades e recursos controlados pela própria empresa (Barney 1986). Ainda na década de 1990 a conceituação de Balance Scorecard, uma metodologia de medida e desempenho criada por Robert Kaplan e David Norton, professores da Harvard Business School, que utiliza quatro categorias de medidas, desempenho financeiro, conhecimento do cliente, processos internos, e aprendizado, norteou os métodos utilizados na área de gestão de negócios de parcela relevante da sociedade organizacional (KAPLAN, NORTON, 1992).

Adentramos finalmente na década de 2000 em que surge um modelo que propõe aliar os conceitos de Porter, da RBV e do Balance Scorecard (BSC), o modelo de campos e armas de competição (CAC), criado por José Celso Contador. O modelo CAC através dos critérios de diferenciação e ênfase no ambiente e nos fatores internos, busca aliar e integrar as duas concepções predominantes na teoria da estratégia competitiva, a concepção que entende a estratégia competitiva advindo fundamentalmente do posicionamento de mercado, e a concepção de que ela provém primordialmente de influenciadores internos (CONTADOR, 2008), além de alinhar as estratégias competitivas operacionais às estratégias internas de negócio como sugerido pelo BSC (KAPLAN, NORTON, 1992).

Em verdade, os conceitos de campos e armas da competição tiveram sua conceituação lançada pela primeira vez na literatura em 1995, pela revista de adminis-

tração da USP (CONTADOR, 1995a; 1995b), passando por constante evolução desde então e chegando ao lançamento em um livro no ano de 2008 (CONTADOR, 2008). De acordo com o modelo de José Celso Contador, uma empresa define sua competitividade no mercado em que atua direcionando seus esforços nos interesses ou não do consumidor, ainda segundo o pesquisador, campos da competição referem-se aos atributos que interessam ao cliente, como qualidade e preço do produto, e armas da competição é o caminho que a empresa utilizará para atingir vantagem competitiva, como marketing visual e pesquisa de mercado, mas que geralmente não possuem o interesse direto do consumidor (CONTADOR, 1995a; 1995b; GOMES, 2007; CONTADOR 2008; COSTA, 2008; GOMES, 2010; CONTADOR, 2011)

Diante de todo esse contexto o presente estudo terá por objetivo avaliar do ponto de vista quantitativo a utilização do modelo de campos e armas de competição em produções científicas sobre academias de modelo fitness no Brasil.

A pesquisa justifica-se por entender que um modelo de avaliação quantitativa e qualitativa, que estuda e explica o grau de competitividade de empresas, que foi criado por um autor brasileiro, tecendo assim mais fidedignidade às análises, tem grande potencial de mensuração competitiva do mercado Fitness do Brasil, mercado que possui um número de academias superior a 23 mil, representando mais da metade do número de unidades da América Latina e o apontado como o segundo maior em todo o mundo atrás apenas dos Estados Unidos (IHRSA Global Report 2013), mas que necessita de maior investigação e conceituação no âmbito científico.

Assim sendo, trata-se de um estudo de revisão, que não atende aos critérios quali/quantitativos rigorosos de uma revisão sistemática, nem fará um aprofundamento conceitual metodológico do modelo de campos, porém buscará analisar na literatura brasileira metodologias que abordaram o modelo de CAC.

## **2. Metodologia**

Pelas características de uma pesquisa bibliográfica a operacionalização do estudo é de natureza qualitativa. Os estudos foram selecionados de duas formas distintas: para a primeira seleção utilizou-se a base de dados eletrônicas SCIELO – Scietific Electronic Library Online e para a segunda parte da seleção utilizou-se a base de dados Google Acadêmico, versão do Google para informações científicas. É oportuno esclarecer que a utilização do Google acadêmico em trabalhos científicos pode comprometer o impacto das publicações em situações em que não se conhece a metodologia de indexação dos arquivos em sua plataforma, uma vez que no ISI - Institute for Scientific Information - Thomson Scientific, entidade científica mundial que mede o impacto das publicações internacionais, as publicações passam por rigoroso

processo de seleção, no Google Acadêmico todo conteúdo é bem vindo (MUGNAINI e STREHL. 2008). Em vista disso foram selecionados apenas estudos publicados em anais de congressos e simpósios científicos, além de revistas científicas com avaliação mínima no Qualis Capes, dissertações de mestrado e teses de doutorado.

As palavras chaves utilizadas nas pesquisas foram: modelo de campos e armas da competição, modelo de campos e armas da competição e academias, modelo de campos e armas da competição e empresas do ramo fitness, modelo de campos e armas da competição e empresas do mercado fitness. Inicialmente todos os estudos que apresentavam no título uma das palavras-chaves foram selecionados para leitura. Contudo, das 10 produções científicas listadas, somente 2 atendiam aos critérios de inclusão: estudos científicos que utilizassem o modelo de campos e armas da competição em academias ou empresas do ramo Fitness, quer fossem dissertações acadêmicas, quer fossem artigos publicados nas condições supracitadas. Os critérios de exclusão foram: artigos de opinião de especialista, artigos que não abordassem o ramo de academias e artigos que estivessem fora do padrão metodológico de um estudo científico. Os estudos científicos selecionados para essa revisão compreendem o período de 2009 a 2013.

Na análise da informação utilizaram-se procedimentos de análise de conteúdo, sendo que as categorias foram estabelecidas a priori: temática, contextos profissionais, instrumentos (coleta de dados), amostra e principais resultados.

### 3. Resultados e Discussão de resultados

As 2 produções selecionadas compreendem artigos nacionais publicados em revistas científicas ou anais de simpósios, sendo que 1 delas foi produzida a partir de uma dissertação de mestrado, veja o Quadro 1 abaixo.

Quadro 1. Sinopse dos estudos relativos à utilização do modelo CAC.

País/Autor/ Tipo de Estudo	Ano de Publicação	Objetivo/ Instrumento De coleta de dados	Amostra/	Conclusões Identificadas
Brasil; Corrêa, Silvana A. Martins, Ferreira, Ademir Antônio; Pesquisa	2009	Verificar os fatores que levam uma academia ser mais competitiva que a outra;	19 empresas; 3 Questionários	Academias mais competitivas, apresentam equilíbrio na

de Campo		fechados.	proporção qualidade= preço do produto.
Brasil; Pereira, Renato Zanuto, Contador, José Celso, Bazinini Roberto, Estudo de caso	2013	Verificar se o modelo CAC é suficiente para propor estratégias competitivas que aumentassem a competitividade de uma rede de academias; 1 empresa; Questionários fechados e método popperiano hipotético-dedutivo	Constatou-se suficiência do processo, uma vez que as propostas apresentadas ao proprietário foram aceitas, levando à aceitação da hipótese.

Fonte: Dados da pesquisa.

Como se pode constatar no Quadro 1, a quantidade de estudos que abordam o modelo de campos e armas de competição em academias é verdadeiramente baixa, os dois estudos encontrados na literatura não utilizam o mesmo critério para definição dos objetivos, bem como também discordam na metodologia utilizada.

O instrumento de investigação na generalidade dos estudos foi o questionário, visto que as pesquisas foram fundamentadas a partir do modelo CAC, que utiliza primordialmente tal instrumento (CONTADOR, 2008). A amostra utilizada por Corrêa (2009) foi do tipo proposital e de maior número definindo maior representatividade para o estudo e fora escolhido um grupo que possuísse características de representação da população (MARCONI; LAKATOS, 1996), já para o estudo de Pereira (2013) a amostra escolhida foi do tipo intencional e de apenas uma empresa, caracterizando o tipo de pesquisa: Estudo de caso (OLIVEIRA, 1997).

Ao analisar o recorte cronológico dos estudos, constata-se um interesse pela temática apenas nos últimos anos, corroborando com a perspectiva de que se apresenta para a comunidade científica um novo âmbito de estudos na área de gestão.

Com base na objetividade do presente estudo observa-se que setor econômico escolhido possui ainda pouca abordagem na literatura quando o assunto é estratégias administrativas, uma justificativa pode se dar por este ser considerado um mercado relativamente jovem ainda, porém não menos importante e em constante evolução, como comprova a International Health Racquet e Sportsclub Association

(IHRSA, 2011, p.24), maior entidade mundial responsável por representar as atividades de clubes, academias, SPAs e fornecedores fitness, autoridade em estudos econômicos e operacionais da área, ao afirmar que em 2011 a indústria do fitness obteve uma receita mundial de mais de US\$70 milhões, estando o Brasil inserido nessas cifras com mais de US\$ 2 bilhões. Outra justificativa pode se dar pela também relativa jovialidade do modelo de campos e armas de competitividade de Contador e seu complexo processo de avaliação (CONTADOR, 2008).

O modelo de campos e armas da competição possui em sua fundamentação metodológica uma característica peculiar, é considerado um modelo qualitativo e quantitativo, uma vez que define modelos quantitativos de análise estatística a partir de questionários conceitualmente qualitativos, fato esse que, na maioria dos casos, causa certo desconforto na comunidade científica, como detectou e discutiu, há anos atrás, Serapioni (2000), em seu trabalho que avaliava questões relacionadas ao uso de métodos quantitativos e qualitativos em pesquisa social na área da saúde. Este autor evidenciou a existência de preconceitos e falsos dilemas no debate sobre os métodos e propôs a superação da incomunicabilidade entre pesquisadores qualitativos e quantitativos.

Trabalhos de mesmo cunho metodológico dos encontrados na pesquisa como o de Pereira (2013), que investigassem a aplicabilidade do modelo de campos e armas de competição em empresas de outros setores também foram publicados, como a pesquisa de Passanezi e Contador (2011) que avaliou a aplicação do modelo CAC no setor de vendas de peças de concessionárias Chevrolet, detectando eficiência do modelo na avaliação competitiva da referida empresa. Outras pesquisas que utilizaram o modelo de campos e armas de competição em outros setores da economia já são apresentados há alguns anos e relatam, como estudos encontrados na presente pesquisa, boa eficiência do modelo em relação aos objetivos propostos, avaliação da competitividade estratégica de empresas (DE SORDI; CONTADOR, 2005; GOMES 2007; 2010; COSTA 2008; CONTADOR 2011,).

## **4. Considerações Finais**

De acordo com os critérios metodológicos determinados neste estudo, é observado que o modelo de campos e armas de competição, que desde sua proposição vem sendo incorporado em pesquisas sobre empresas de alguns dos setores da economia, ainda não adentrou no campo teórico do mercado fitness, ou o mercado de academias, o que evidencia grande necessidade de esforços acadêmicos para que rapidamente essa lacuna investigativa seja suprimida. O mercado fitness vem crescendo rapidamente nos últimos anos e naturalmente haverá a necessidade de acom-

panhamento do campo teórico/científico, que hoje, mesmo em outras instâncias de pesquisa que não as deste estudo, possui uma abordagem deficitária e incompleta. Um novo campo de estudo vem se apresentando sob essa perspectiva e teóricos das áreas de administração, marketing, educação física etc. tendem a possuir diversos questionamentos sobre a área em questão. O modelo CAC se apresenta com uma passo a frente nos métodos de avaliação de empresas, principalmente brasileiras, e necessita ser melhor utilizado principalmente, no ramo de academias que vem crescendo substancialmente no país.

---

## **The model fields and Weapons competition in Scientific Studies Gyms : A Quantitative Analysis .**

**Abstract:** The concept of competitive strategy has been developed since the 1950s by leading international authors, we currently have one proposed by Contador model that underlies the competitiveness of companies from the field and weapon concepts like the competition. The present study was designed to evaluate the quantitative point of view and also the qualitative use of weapons and field competition model in scientific production on fitness gyms in Brazil. The research is warranted to understand that this evaluation model of enterprise competitiveness, has great potential for measuring the competitive fitness market in Brazil. Methodologically proposed a revision that seek to meet the research objectives. The results showed only two studies that addressed the model fields and weapons of competitiveness in gyms. We conclude that little attention has been given by this important strategic assessment methodology in studies of gyms in Brazil. The CAC model is presented with a step forward in the evaluation methods of companies, mainly Brazilian and needs to be better utilized primarily in the business of gyms that has grown substantially in the country.

**Keywords:** Competitive Strategy, Competitive Advantage, Gyms Strategy.

---

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BARNEY, J. **Strategic factor markets: expectations, luck, and business strategy.** Management Science, v.32, n.10, p.1231-1241, 1986<sup>o</sup>

CONTADOR, J. C. **Metodologia para formulação da estratégia competitiva de manufatura: Um enfoque quantitativo.** Revista Base (Administração e Contabilidade) da UNISINOS [online] 2011.

\_\_\_\_\_. **Formulação da estratégia competitiva para micro e pequenas empresas por meio do modelo de campos e armas de competição.** Revista da micro e pequena empresa. v. 1, n. 1, p. 38-53, 2011.

\_\_\_\_\_. **Conceitos sobre o modelo de campos e armas da competição.** Revista de Ciências da Administração, v. 10, n. 21, p. 147-174, 2008.

\_\_\_\_\_. **Armas da competição.** Revista de Administração da USP, São Paulo, 30 (2), 50-64, abr/junho 1995.

\_\_\_\_\_. **Campos da competição.** Revista de Administração da USP, São Paulo, 30 (1), 32-45, jan/mar 1995.

COSTA, M. A. M.; SANCHES, C.; MARIETTO, M. L.; SILVA, O. R. **Campos e armas da competição: um modelo para formular estratégia de produção nas pequenas e médias empresas.** Revista de Administração e Inovação, v. 4, n. 3, p. 102-116, 2007.

CORREA, S. A. M. ; FERREIRA, A. A. . **Estratégia competitiva das academias de ginástica da cidade de São Paulo.** FACEF Pesquisa, v. 12, p. 63-76, 2009.

DE SORDI, J. O.; CONTADOR, J. C. **Integração dos sistemas de informação à estratégia da organização por meio do modelo de campos e armas da competição.** Revista de Administração, São Paulo, v. 40, n. 2, p. 123-135, abr./jun. 2005.

GOMES, L. S. **Proposta de um sistema de suporte executivo para micro e pequenas empresas fundamentado no modelo campos e armas da competição.** Revista Produção Online, v. 10, n. 4, p. 861-885, 2010.

\_\_\_\_\_. **Micro e pequenas empresas: especificações dos requisitos funcionais de um software para formulação estruturada de estratégias competitivas fundamentada no modelo de campos e armas da competição.** 2007. Dissertação (Mestrado) – UNINOVE, São Paulo, 2007.

IHRSA. **The Ihrsa Global report 2013.** Boston: IHRSA 2013. Disponível em: <http://www.ihrsa.org/latin-america-report>. Consultado em: 09/11/2014.

IHRSA. **The Ihrsa Global report 2011.** Boston: IHRSA 2011. Disponível em: [http://download.ihrsa.org/pubs/2011\\_IHRSA\\_International\\_Report\\_TOC.pdf](http://download.ihrsa.org/pubs/2011_IHRSA_International_Report_TOC.pdf). Consultado em: 09/11/2014.

KAPLAN, Robert S., NORTON, David P.- **The Balanced Scorecard – Measures that Drive Performance** - Harvard Business Review, Boston v.70 – n. 1 - p.71-79 - jan/feb,1992.

MARCONI, M. D. A.; LAKATOS, E. M. **Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.** 3.ed. São Paulo: Atlas, 1996.

MUGNAINI, R., STREHL, L. **Recuperação e impacto da produção científica na era Google: uma análise comparativa entre o Google Acadêmico e a Web of Science.** Encontros Bibli: R. Eletr. Bibliotecon. Ci. Inf., Florianópolis, p. 92-105, 1º sem. 2008. Número Especial.

OLIVEIRA, S. L. **Tratado de metodologia científica: Projetos de Pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses.** São Paulo: Pioneira, 1997.

PASSANEZI, P. M. S.; CONTADOR, J. C. **Metodologia de campos e armas da competição aplicada ao estudo da competitividade de concessionárias Chevrolet.** Revista de Negócios, v. 16, n. 2, p. 65-85, 2011..

PEREIRA, R. Z. CONTADOR, J. C. BAZANINI, R. **Revista Ibero-Americana de Estratégia - RIAE**, São Paulo, v. 12, n. 3, p. 242-280, jul./set. 2013.

SERAPIONI, Mauro. Métodos qualitativos e quantitativos na pesquisa social em saúde: algumas estratégias para a integração. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 5, n. 1, p. 187-192, 2000.

Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Vol. 3

# **PARTE II**

**Saúde**

# 4

## CAPÍTULO

# **GEOGRAFIA, ÉTICA E SAÚDE PÚBLICA NO CONTEXTO DA DEPENDÊNCIA QUÍMICA**

**Santana, Maria Aparecida Guimarães Santana 1 \*;  
Stacciarini, José Henrique Rodrigues 2**

1 Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia-RC/UFG

2 Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia-RC/UFG

\* **email: [cidacaic2012@hotmail.com](mailto:cidacaic2012@hotmail.com)**

---

**Resumo:** Este texto busca refletir como as ciências podem atuar em conjunto, contribuindo para o tratamento da dependência química de forma responsável e ética, atuando sobre seus diversos aspectos citando o reducionismo, onde os caminhos a seguir para conseguir vencer o crack passam por diversas ideias e múltiplas teorias, onde a Geografia contribui de forma significativa ao ajudar a analisar o espaço vivido e diagnosticar os diversos fatores que se interagem, contribuindo ou não para o consumo de crack.

**Palavras-chave:** Dependência química. Tratamento. Crack. Lugar.

---

Santana, Maria Aparecida Guimarães Santana; Stacciarini, José Henrique Rodrigues. "GEOGRAFIA, ÉTICA E SAÚDE PÚBLICA NO CONTEXTO DA DEPENDÊNCIA QUÍMICA", p.34-43. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3201>

## **1. Introdução**

Partindo-se da concepção de que a dependência química de crack em alta escala, como atualmente tem ocorrido em todo Brasil, tem relação com as mudanças ocorridas na sociedade humana, sejam estas de ordem econômica, política ou socio-cultural. Tais fatos alertam para a necessidade da construção de novos paradigmas que se sustentem na multidisciplinariedade, aglomerando diversas análises, múltiplas teses e inúmeras teorias, a fim de transpor barreiras históricas, erguidas em torno de um conhecimento fragmentado e exclusivo de cada área do conhecimento.

A Geografia há muito tem pensando as questões ligadas à saúde, e aos poucos foi ampliando a escala de análise, incorporando também a dimensão social das

doenças. Deste modo, a pretensão aqui é incluir nesta reflexão o viés sociedade/saúde/drogas, em um debate efervescente, que, ao gerar polêmicas, resulte em respostas para construção de alternativas para um mundo cheio de novos desafios, entre eles o tratamento da dependência química de crack.

Cabe aqui ressaltar que, a Geografia, mesmo aquela que ultrapasse o paradigma ambientalista-naturalista, que tenha fundo social, que incorpore novas categorias de análise, as quais permitam entender o nexo casual entre o consumo de crack e o espaço capitalista vivido, não pode como disciplina única entender a dependência química e seu tratamento, isto devido a complexidade do tema que se desdobra em várias vertentes interligadas.

Assim, diante do desafio de tratar, de forma ampla e eficaz, o dependente químico de crack, não é possível estabelecer verdades absolutas em relação ao objeto e à área de estudo de cada ciência, mais sim, evitar o reducionismo em busca de um conhecimento onde as diversas áreas deste contribuem e se completam num debate com o seu "saber", para atuar sobre a problemática da dependência química de crack em suas múltiplas facetas.

Deste modo, o presente trabalho apoia-se em uma pesquisa interdisciplinar e busca refletir sobre o tratamento da dependência de crack e como o espaço de vida com suas experiências concretas podem interferir de forma positiva ou não nas relações tecidas entre o indivíduo e seu espaço, bem como a construção de seus hábitos inclusive o consumo de drogas.

## **2. Desenvolvimento**

A Geografia acredita colaborar para o entendimento de quais e como os fatores do ambiente podem contribuir ou prejudicar no tratamento da dependência química. Sendo assim, busca-se entender a Geografia da Saúde para além das doenças infecto-parasitárias, de forma a compreender o espaço vivido e o consumo de crack, onde os diversos fatores interagem, atuando de forma positiva ou negativa sobre os indivíduos.

Desta maneira, a Geografia faz um diálogo com a medicina e a biologia, sendo possível a discussão sobre o tratamento da dependência química através de um encontro de saberes que possa entender as relações do homem com o ambiente de forma integral em toda sua complexidade, de forma que as interações entre o social, econômico, psicológico, cultural, físico e biológico passem a ser percebidas e analisadas. Stacciarini (2002) acrescenta que,

Porém é bom que se diga, isto não quer dizer que o paradigma socioespacial, fortemente estabelecido sobre a relação sociedade/natureza deixa de ter valor. No fundo o que se procura é acrescentar outras “categorias geográficas” tais como ética, desejo, solidariedade, subjetividade, comunidade, cotidiano, lugar, indivíduo, emoção, etc, as quais tornam-se importantes nas pesquisas geográficas nos últimos 12 anos (STACCIARINI, 2002, p. 49).

Para Barbosa (2013), existe uma constante reformulação na Geografia da Saúde, o que permite a ampliação do leque de análises. E nossas questões são incluídas no debate da saúde urbana nas sociedades modernas. Assim, novos conceitos, teorias e metodologias são reformulados de forma a investigar com o espaço que contém como o ambiente se relaciona com a saúde.

Castro em sua obra “Geografia da Fome” traz para a Geografia um debate importante, pois, ao discutir o subdesenvolvimento, a pobreza e a miséria, o faz com relação a estes elementos e às condições físicas e mentais da população, não como produto simples de causas ou fatores naturais, mas sim, como problema, sobretudo, político. Sendo assim, observando sobre a miséria humana, Castro (1953), aponta que,

A fome age não apenas sobre os corpos das vítimas da seca, consumindo sua carne, corroendo seus órgãos e abrindo feridas em sua pele, mas também age sobre seu espírito, sobre sua estrutura mental, sobre sua conduta moral. Nenhuma calamidade pode desagregar a personalidade humana tão profundamente e num sentido tão nocivo quanto a fome, quando atinge os limites da verdadeira inanição, excitados pela imperiosa necessidade de se alimentar, os instintos primários são despertados e o homem, como qualquer outro animal faminto, demonstra uma conduta mental que pode parecer das mais desconcertantes (CASTRO, 1953, p. 51).

Observa-se que, se substituir algumas palavras no texto acima e ler crack onde está escrito fome e trocar vítimas por dependência química, torna-se o texto representativo de um fenômeno atual, que desafia as ideias e as categorias do pensamento científico em busca de soluções para seu enfrentamento. Nestes termos acredita-se que o consumo de crack e mesmo seu tratamento não pode ser tomado à parte, alheio a ordem vigente, apenas como uma questão de saúde, que deve ser avaliada e tratada apenas por profissionais de saúde, mesmo porque, sabe-se que a dependência química é resultante da interação de vários fatores, inclusive das patologias sociais.

Santos (1996), diz que, no espaço, as formas são dotadas de conteúdos que ganham significados pela ação humana, sendo, portanto, também frutos do cotidiano,

na visão de Barrios (1986). Esta categoria é uma unidade de práticas espaciais, onde a base material ou física é modificada pela ação humana em interação com os planos econômico, cultural e político. Lefevre (1991) acrescenta que o espaço é produção da sociedade, das relações sociais de produção, além disso, traz o conceito de espaço percebido como aquele da experiência corpórea do social, numa relação dialética com o espaço.

Moreira (1982) entende o espaço geográfico como uma rede de relações determinadas pelo social ou “totalidade estruturada de formas espaciais”. Outra referência importante é Tuan (1980) que coloca no conceito de espaço um viés comportamental onde a percepção aparece como fundamental. Deste modo, as diversas formas de ver e refletir sobre o espaço se completam a fim de tratar da temática da drogadição em toda sua complexidade. Em outras palavras, abordagens cultural-simbólicas, comportamento-percepção e econômicas sociais não se excluem, mas sim, permitem uma visão mais ampla e humana do lugar e das situações onde se vive.

Por sua vez, Gomes (1996) argumenta que o espaço vivido é tomado como dimensão da experiência humana nos lugares que dão importância às redes de valores e de significados. Assim, buscam-se também, no espaço vivido, elementos que possam interferir no processo de drogadição e na recuperação do dependente de forma a atuar sobre todas as variáveis que interferem de forma negativa ou positiva no processo. Entretanto, o reducionismo pode tornar o serviço oferecido no tratamento um “tapete de Penélope<sup>1</sup>”, isto é, sem resultados efetivos.

Para muitos, refletir e mapear as vulnerabilidades e potencialidades do lugar onde se vive, pode ser uma ferramenta de planejamento de ações preventivas e terapêuticas na comunidade local. Portanto, situações como pobreza extrema, desorganização comunitária, assistência de serviços básicos precários ou ausentes, violências e falta de vínculo cultural ético e religioso pode se ligar ao individual como predisposição genética, curiosidade, transtornos mentais, famílias desestruturadas, onde ter-se uma combinação potencializadora para o uso e para a manutenção do vício.

Desta forma, o ambiente e suas interações podem de acordo com sua estrutura local atuar como força mantenedora da dependência química de crack, sendo que o tratamento médico rompe o elo fisiológico, mas é necessário romper o elo socio-

<sup>1</sup>Penélope foi uma heroína mítica, casada com Ulisses, que pouco depois do casamento partiu para a Guerra de Tróia, ficando ausente por um longo período. Nesta fase Penélope foi importunada por inúmeros pretendentes, mas acreditando na volta de Ulisses, lançou mão de um artifício para ganhar tempo. Alegou que teceria um tapete, comprometendo-se em fazer a escolha do pretendente quando a obra estivesse pronta. Durante o dia, aos olhos de todos Penélope tecia, a noite, secretamente, desfazia o trabalho feito. Desta forma “Tapete de Penélope” passou a ser uma expressão proverbial, para designar qualquer coisa que está sempre sendo feita, mas nunca é terminada.

cultural-econômico que une a substância a valores, símbolos, vestimenta, dinheiro, poder e relacionamento que se materializam no espaço, criando um modo de vida peculiar. Neste contexto, é necessário estruturar este ambiente de forma material e imaterial para se desenvolver novas habilidades e competências no usuário e seus familiares, Siena e Mesquita (2006), numa escala macro, acrescentam que,

Os encontros nos espaços públicos revelam o grau de civilidade da população e podem conter pressupostos da ordem democrática. Aliás, o direito à cidade é o direito de habitar, circular, receber, educar, e ter saúde, etc. Deste modo, vulneráveis são todos os que têm ameaçadas as condições de suas competências fundamentais para o exercício da cidadania, depende basicamente das condições de vida que as cidades oferecem às crianças e adolescentes (SIENA; MESQUITA, 2006, p. 32).

Assim, o tratamento da dependência química deve ser considerado como um conjunto de técnicas e intervenções desenvolvidas com o intuito de favorecer a abstinência, bem como melhorar a qualidade de vida do funcionamento social do usuário. Dessa forma, o tratamento deve possuir metas específicas, mensuráveis e estabelecidas com o paciente. Ribeiro e Laranjeira (2010) destacam ainda que os usuários de crack são os que menos buscam ajuda entre os que utilizam drogas ilícitas, postergando ao máximo a busca por tratamento e restringindo-os às situações agudas, em que se usa abordagens em ambiente de internação.

Os mesmos autores argumentam que o crack atua sobre o sistema de recompensa (núcleo do prazer no cérebro), cuja função primordial é promover e estimular comportamentos que favoreçam a manutenção da vida e da espécie, produzindo efeitos agradáveis e corrompendo os mecanismos fisiológicos, visando a produção de prazer químico em detrimento de aprendizados fundamentais para o amadurecimento pessoal dentro do contexto social.

Esch e Stefano (2004) corroboram com essa discussão ao elucidarem que,

Cada indivíduo tem motivações pessoais para alcançar aquilo que possibilita sua sobrevivência, e de sua espécie. Tal motivação é medida por circuitos neuronais – como o sistema de recompensa. Ao atingir seus objetivos, o indivíduo se sente bem (prazer, recompensa). Além disso, as estratégias e planejamentos que utilizou para alcançá-los amadurecem-no e passam a fazer parte de seu patrimônio neurobiológico, o estímulo motivacional normal é perdido, uma vez que o mesmo resultado pode ser obtido pelo uso de substância psicoativas, capazes de agir sobre o circuitos neuronais de modo muito mais intenso. Esse novo circuito corrompe o anterior e vai se consolidando operacionalmente no sistema nervoso central (SNC) – quanto mais perdurar, menos reversível será (ESCH; STEFANO, 2004, p. 46).

A partir das questões abordadas, percebe-se que o usuário de crack apresenta grande vulnerabilidade em apresentar co-morbidades psiquiátricas como, transtornos de humor ou quadro psicóticos, o que dificulta ainda mais a busca por ajuda. Outro fator a ser considerado está relacionado ao grande mal-estar, causado pela falta de droga, chamado de “fissura” que parece ser uma das grandes dificuldades para o usuário aderir ao tratamento. Donato et. al. (2010) ressaltam o assunto e evidenciam que,

O desejo intenso de consumir e a lembrança dos efeitos desejados da substância em meio ao desconforto de falta da droga é denominado “fissura” ou “craving”. Estes sintomas são decorrentes do bloqueio prolongado da receptação da dopamina, causado pelo uso crônico, acarretando a diminuição dos níveis de dopamina, tendo como consequência uma sensibilização de receptores dopaminérgicos e hipofunção dopaminérgica, levando a comportamento de fissura e busca constante da droga. Nos usuários de crack esta “fissura” é mais elevada, fazendo com que os sintomas sejam mais proeminentes e a busca da droga mais frequente (DONATO et. al., 2010, p. 78).

Nesse contexto, Ribeiro (2010) pondera que, em função do aumento do consumo de crack e seus fortes efeitos no cérebro do paciente é necessário criar enfermarias especializadas, as quais devem ser empregadas nos diferentes ambientes hospitalares, pois, na maioria das vezes, muitos não estão preparados para cuidar da intoxicação e da síndrome de abstinência de crack. Sabe-se da existência de alguns quadros graves, cujos protocolos ainda não estão disponíveis, mas que contribuem para o abandono e confirmam a necessidade de mudança urgente do modo existencial para o tratamento da dependência no Brasil.

Desse modo, a internação em ambientes especializados, na primeira etapa do tratamento é um procedimento recomendado por muitos especialistas em saúde mental, a fim de que ocorra a desintoxicação através de um tratamento estruturado, visando o alcance da manutenção da abstinência. A dependência química, como qualquer outra doença, pode ser gerenciada, mas é necessário um processo de readaptação para que a pessoa possa viver sem drogas. Assim, após um período variável, de acordo com a gravidade do caso, o dependente pode ser encaminhado para a internação parcial ou ambulatorio, conforme suas necessidades.

Emergem, por esta via, também a questão ética do tratamento e da pesquisa no caso da dependência química infelizmente ainda existem diversos “charlatões” oferecendo a cura do problema de forma rápida, estes locais de “tratamento” utilizam choques elétricos, trabalho forçado, tortura física e psicológica, onde os leigos tratam uma doença crônica seria, que por se tratar de assunto de saúde pública, a dependência química do crack necessita de profissionais qualificados, como médicos,

psicólogos, psiquiatras tendo como base programas definidos. Mas devido a falta de fiscalização de órgãos públicos competentes, o segmento da dependência química tornou-se terreno fértil para aqueles que se aproveita do desespero de famílias de usuários de crack em busca de internação, tornando-se assim um negocio altamente lucrativo.

Destaca-se que uma abordagem sobre a problemática do crack deve levar em consideração o fato de os usuários formarem grupos heterogêneos, além disso, suas particularidades social, econômica e cultural devem ser consideradas para embasar intervenções de saúde e sociais necessárias ao tratamento. Velho (1979) e Bucher (1992) enfatizam o papel desempenhado pela estigmatização das drogas ilícitas e de seus usuários na sociedade brasileira, com suas desigualdades na falta de um debate público e com a repetição de ideias falseadas, autoritárias e preconceituosas, operando uma desqualificação e demonização do usuário, o que leva a uma cristalização homogeneizante da sua cultura, acarretando em sua maior marginalização. O reducionismo dessa estereotipia serve também para encobrir alguns dos reais problemas estruturais da sociedade.

Portanto ao se refletir sobre a dependência química de crack é necessário levar em consideração as relações de multicausalidade que compõem o quadro da doença, o que impõe as ciências envolvidas no processo, inclusive a geografia da saúde uma responsabilidade ética para a produção de conhecimentos de forma dialética que possa abrigar diversas interpretações de forma integradora num contexto onde o espaço passe a ser visto como elemento ativo que interage com outros elementos do ambiente afetando as relações integrais do ambiente de vida.

### **3. Considerações Finais**

Diante de todas as adversidades enfrentadas pelos dependentes químicos de crack e seus familiares na busca pelo tratamento sejam relativas ao preconceito social ou pela falta de políticas públicas direcionadas aos usuários que estão em recuperação integral, busca-se refletir sobre a necessidade de ações emergenciais e preventivas que implantadas de forma ética e pautadas na coerência e nos conhecimentos científicos produzidos em conjunto pelas diversas áreas possa atuar de forma efetiva nos múltiplos aspectos da dependência química.

Observa-se neste estudo a importância do lugar, ou seja, do contexto de onde se vive seus aspectos materiais e imateriais que criam fatores de risco ou proteção onde o risco para o uso de crack e mesmo para a manutenção do vício. Espaços aonde a situação social, econômica e da disponibilidade de recursos de saúde e assistência aos direitos básicos mostram-se de forma diferenciada, criando situações complexas

que demandam políticas públicas específicas.

Neste sentido para entender a amplitude dos problemas causados pelo uso de crack percebe-se a necessidade de alargar a busca teórica num dialogo com várias áreas do conhecimento através de um conjunto plural de fontes bibliográficas que possam apontar caminhos que permitam desenvolver estratégia para estruturar os serviços de atendimento aos usuários de crack e seus familiares que estejam realmente em sintonia com as suas necessidades.

Enfim, é necessária a promoção da acessibilidade do tratamento de forma imediata e pelo tempo necessário considerando todos os aspectos e sintomas da doença sejam eles físicos, psicológicos ou sociais, com assistência de equipe multidisciplinar adequada e ainda buscar no lugar de vida deste as contradições, os problemas, causas e soluções para a drogadição, pois é nele que deve ocorrer a gestação da consciência cidadã.

---

## GEOGRAPHY, ETHICS AND PUBLIC HEALTH IN THE CONTEXT OF ADDICTION

**Abstract:** This text seeks to reflect how science can work together contributing to the treatment of chemical dependency and acting responsibly on its various aspects citing reductionism, where the paths to follow in order to win the crack ethically go through several ideas multiple theories, where geography were significantly contributes to help analyze the lived space and diagnose the various factors that do not interact or contribute to crack use.

**Keywords:** Treatment. Crack. Place.

---

## Referências bibliográficas

BARBOSA, F. M. T. **Imperialismo e produção do espaço urbano: indústria do amianto e a construção da cidadania em Minaçu (GO)**. 2013. 280f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós Graduação da Faculdade e Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2013.

BARCELLOS, C. **A Geografia e o contexto dos problemas de saúde**. Rio de Janeiro: ABRASCO: EPSJV, 2008.

BARRIOS, S. **A produção do espaço**. In: SANTOS, M.; SOUZA, M. A. (Org.). *A Construção do Espaço*. São Paulo: Nobel, 1986.

BUCHER, R. **Drogas e drogadição no Brasil**. Porto Alegre: Artes Médicas. 1992.

CASTRO, J. **Geografia da fome**. 6. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006.

EISENSTEIN, E. **Crianças e adolescentes: riscos, sexualidade, DST/ AIDS**. In: *Manual de prevenção ao uso indevido de drogas: subsídios para educadores sociais*. Rio de Janeiro: NEPAD/VERJ – COSAM/MS. 1998.

LEFEVRE, H. **A produção do espaço**. Tradução de B. D. Pereira; S. Martins. Paris: ÉditionsAnthropos, 2000).

MOREIRA, R. **Repensando a Geografia**. In: SANTOS, M. (Org.). *Novos Rumos da Geografia Brasileira*. São Paulo: Hucitec, 1942.

RIBEIRO, M.; LARANJEIRA, R. **O Tratamento do usuário do crack**: Avaliação clínica, psicossocial, neuropsicológica e reabilitação. Ambientes de tratamento. São Paulo: . Editora Casa Leitura Médica, 2010.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço**. São Paulo: Hucitec, 1996.

SIENA, V.M., MESQUITA, W.A. **Vulnerabilidades e fatores de risco na vida de crianças e adolescentes**. v. 20n1 janeiro/março. . São Paulo: 2006.

STACCIARINI, J. H. R. **Pluralidade, publicitação e multiplicação do fazer político. Ação da cidadania contra a fome**. 2002. 420f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade do Estado de São Paulo. Presidente Prudente, 2002.

TUAN, Y. **Topofilia**. São Paulo: Dijiell, 1980.

TUAN, Y. **Espaço e Lugar**. São Paulo: Dijiell, 1993.

VELHO, G. (Org.) **O Fenômeno urbano**. Zahar, 4. ed. Rio de Janeiro: 1979.

# 5

## CAPÍTULO

# **MENSURAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA E PERCEPÇÃO DAS BARREIRAS EXISTENTES PARA PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA EM ESTUDANTES**

**Pereira, Camilla Tinoco 1 \*;**  
**Evangelista, Renata Alessandra 2;**  
**Silva, Maria de Lourdes 3,**  
**Vieira, Fabricia Araujo 4;**  
**Felipe, Rodrigo Lopes de 5;**  
**Chriguer, Rosangela Soares 6**

1 Acadêmica do Curso de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás e Bolsista PIBIC-AF;

2 Professora Doutora do Departamento de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás

3 Acadêmica de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás

4 Acadêmica de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás

5 Professor Substituto do Departamento de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás

6 Pós-doutorado em fisiologia, Professora, Universidade Federal do Triângulo Mineiro. Uberaba, MG, Brasil

**\* email: [camillaanja@yahoo.com.br](mailto:camillaanja@yahoo.com.br)**

---

**Resumo:** Estudo de natureza quantitativa, analítico e transversal, realizado no interior do estado de Goiás, com objetivo de mensurar as barreiras existentes para realização da atividade física em estudantes de graduação do Curso de Enfermagem e Educação Física da Regional Catalão, associando com nível de atividade física, hábitos alimentares, pressão arterial sistólica e diastólica, uso de suplemento e antecedentes familiares para doenças crônico-degenerativas. Foi aplicado o Questionário Internacional de Atividade Física (International Physical Activity Questionnaire – IPAQ). Os dados foram armazenados em planilha Excel e analisadas no Programa Statistical Package do Social Sciences for Windows 18.0. A amostra constou de 128 estudantes, 35 (27,3%) do sexo masculino e 93 (72,7%) do sexo feminino, média de idade foi de 21,4 anos. Índice de estudantes ativos foram (42,18%), insuficientemente ativos (26,56%) e sedentários de (31,26%). Índice de massa corpórea (IMC) teve média de 23,2kg. Pressão arterial sistêmica teve média de 119x64 mmHg, variando a pressão arterial sistólica de 140 a 80 mmHg e a diastólica entre 90 a 60 mmHg. Índice de antecedente familiar com hipertensão arterial foi de 28 (50%). As barreiras mais prevalentes foram falta de tempo (32,81%), excesso de tarefas (29,68%) e clima (28,90%). Constatamos que os acadêmicos devem continuar recebendo incentivos para manter os níveis de frequência e intensidade de atividade física. O estudo nos permitiu levantar a hipótese de que o excesso de atividade acadêmica e profissional é a principal barreira para a prática de atividade física para ambos os cursos.

**Palavras-chave:** Barreiras; nível de atividade física; estudantes

---

Pereira, Camilla Tinoco; Evangelista, Renata Alessandra; Silva, Maria de Lourdes; Vieira, F.A.; Felipe, Rodrigo Lopes de; Chríguer, Rosangela Soares. "MENSURAÇÃO DO NÍVEL DE ATIVIDADE FÍSICA E PERCEPÇÃO DAS BARREIRAS EXISTENTES PARA PRÁTICA DE ATIVIDADE FÍSICA EM ESTUDANTES", p.44-57. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3202>

## **1. Introdução**

Estudos demonstram que estilo de vida saudável pode ser fator determinante na prevenção de doenças crônicas degenerativas em adultos e idosos. Pesquisas realizadas em crianças e adolescentes vêm se destacando devido o aumento das principais doenças crônicas não transmissíveis que acometem estas populações (SANTOS et al., 2010).

O sedentarismo pode estar diretamente ligado à modernização e ausência de tempo dos dias atuais, e a alimentação inadequada associada a este e a outros fatores concomitantes podem ser relevantes para o surgimento de doenças cardiovasculares (MARTINS et al., 2010).

Com o ingresso na faculdade, o estudante depara-se com inúmeros fatores de estresse frente às mudanças e aos desafios desse novo contexto educativo. É um processo marcado por modificações nos vínculos comportamentais, que juntamente com fatores psicossociais, estilo de vida e situações do meio acadêmico, torna-os vulneráveis a circunstâncias de risco à saúde (MIELKE et al., 2010; MADUREIRA et al., 2009).

Pesquisas indicam que com a admissão no ensino superior, ocorre diminuição na participação em atividades físicas, comportamento que pode prolongar durante toda a vida acadêmica, aumentando o índice de doenças e agravos não transmissíveis (SILVA; PETROSKI, 2011).

Em seu estudo, Sousa, José e Barbosa (2013), ao abordar as temáticas que envolvem comportamentos consideráveis não saudáveis entre universitários brasileiros, as condutas negativas de saúde com maiores prevalências são os baixos níveis de atividade física, consumo insuficiente de frutas e hortaliças, seguido do consumo excessivo de bebidas alcoólicas e hábitos de fumar.

A literatura tem indicado que a prática de atividade física e hábitos de alimentares saudáveis são de extrema importância na prevenção de doenças crônicas não transmissíveis como diabetes, obesidade, alguns tipos de câncer e também prevenir quadros de ansiedade e depressão, além de diminuir as taxas de mortalidade por doenças cardiovasculares (ZANCHETTA et al., 2010).

Corroboram com este fato, Mello et al. (2014), quando descrevem que a progressão das doenças crônicas não transmissíveis estão fortemente relacionadas aos fatores acima descritos, afirmando ainda que a atividade física e alimentação adequada protegem o organismo de disfunções em seu funcionamento

A prevalência de sobrepeso e obesidade em universitários tem sido relacionada com a inadequação de hábitos alimentares e inatividade física (MACIEL et al., 2012). Conforme Petribú, Cabral e Arruda (2009), muitos estudantes universitários tem de se responsabilizar por sua moradia, alimentação e gestão de finanças, essas situações associadas às atividades acadêmicas podem resultar em omissões de refeições, consumo de lanches rápidos e ingestão de refeições nutricionalmente desequilibradas.

Ademais nota-se a importância da investigação das barreiras para a prática da atividade física, devido aos direcionamentos mais específicos sobre a atuação de programas de promoção com intuito de reversão e prevenção dos elevados índices de sedentarismo (CESCHINI; FIGUEIRA-JUNIOR, 2007). Diversos estudos demonstram que há um decréscimo nos níveis de atividade física na população dos adolescentes tornando-os um grupo de risco para diversas condições mórbidas (HINO et al., 2010).

Esta condição gera um paradoxo relevante, pois mesmo tendo estudos evidenciando os benefícios da atividade física pesquisas apontam que em determinadas populações o índice de sedentarismo em adolescentes chega a 95% (TASSITANO,

2007).

Segundo Jose, Santos e Souza (2010) é necessário diagnosticar as barreiras para a prática de atividade física visto que ela representa informações importantes que nos levam a esclarecer as possíveis hipóteses que relacionam o universitário ao sedentarismo.

Para Sousa et al., (2013) o numero de indivíduos adultos praticando atividade física teve uma estagnação ou pequena variação de 14,7% em 2006 para 15,2% em 2009, sendo que os fatores alegados pelos sujeitos da pesquisa foram falta de motivação, sensação de cansaço, acúmulo de tarefas na universidade e falta de dinheiro.

Tendo em vista o crescimento do numero de estudantes universitários dos últimos anos, em decorrência do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) no Brasil, a necessidade de verificar a prevalência de atividade física entre estudantes universitários e as barreiras existentes para realização da mesma pode fornecer dados importantes para implementar ações institucionais visando o aumento desta prática, de preferência nos espaços da universidade.

Assim sendo, no contexto geográfico e relevância para saúde publica o presente estudo teve como objetivo avaliar os parâmetros antropométricos, nível de atividade física, os hábitos alimentares, a pressão arterial sistólica e diastólica, o hábito de tabagismo, alcoolismo, uso de suplemento; antecedentes familiares para doenças crônico-degenerativas; bem como avaliar as barreiras existentes para realização da atividade física em estudantes de graduação dos cursos de Enfermagem e Educação Física da Regional Catalão associando com o nível de atividade física.

## **2. Métodos**

Este estudo é de natureza quantitativa e delineamento transversal realizada com acadêmicos do Curso de Enfermagem e de Educação Física da Universidade Federal de Goiás. Foram convidados a participar da pesquisa aqueles estudantes que se encontravam devidamente matriculados e frequentando as aulas no período da coleta.

Para obtenção dos dados foi aplicado o Questionário Internacional de Atividade Física (International Physical Activity Questionnaire – IPAQ). Utilizou-se a versão curta, o que permite verificar a duração, intensidade e frequência semanal da atividade física, onde os sujeitos são classificados como sedentários, insuficientemente ativos, ativos e muito ativos (ZANCHETTA et al., 2010).

Para avaliação do peso (P) e altura (A) e índice de massa corpórea (IMC) seguiu-se as recomendações do Manual de Técnicas e Procedimentos do Ministério da Saúde

de (BRASIL, 2011). Na medição do peso, utilizou-se balança digital, estando os alunos descalços, usando roupas leves. Para medição de altura o aluno esteve descalço, com os calcanhares unidos e os braços relaxados, em posição ereta e olhando para um ponto fixo na altura dos olhos. Todos os estudantes foram submetidos aos mesmos protocolos para a avaliação dos parâmetros antropométricos.

As determinações da circunferência abdominal e do quadril foram realizadas com fita métrica inelástica. A medida da circunferência abdominal (CA) foi efetuada com o estudante de pé, abdome relaxado, braços estendido ao longo do corpo, com as pernas ligeiramente afastadas, tendo como ponto de referência a menor circunferência acima da cicatriz umbilical e o processo xifoide, com este método, pode-se estimar tanto a gordura visceral (cintura) quanto à periférica (quadril) (SOARES et al., 2011). A circunferência do quadril foi avaliada acima da prega glútea ou na parte mais volumosa. Para a identificação do tipo de distribuição de gordura será utilizada, como base de cálculo, a divisão da medida da circunferência da cintura pelo do quadril. Para avaliar o estado nutricional foi utilizado o índice de massa corporal (IMC) propostos pela OMS (WHO, 2009).

A aferição da pressão arterial foi realizada no período matutino (entre 8h00min e 9h00min), com os estudantes em repouso, sem ter praticado exercícios físicos moderados ou pesados, fumado ou ingerido bebida alcóolica ou café nos 30 minutos antecedentes às medidas. Foram tomadas na posição sentada, com as costas devidamente apoiadas, os pés apoiados nos chão, o braço esquerdo livre de roupas e apoiados sobre a mesa, à altura do coração e palma voltada para cima. Foram realizadas duas medidas consecutivas da PA (cinco minutos de intervalo em cada tomada), registrando-se a média das mesmas. Baseando-se nos valores de referência da Sociedade Brasileira de Hipertensão Arterial (SBH, 2011), classificou-se como normotenso os alunos com pressão arterial sistólica (PAS) < 120 mmHg e pressão arterial diastólica (PAD) < 80 mmHg. Como instrumento de aferição foi utilizando um esfigmomanômetro aneróide manual modelo BD, periodicamente testado e calibrado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) e um estetoscópio.

Para avaliação das barreiras existentes, utilizou-se um instrumento elaborado e adaptado com perguntas formuladas a partir de outros estudos pré-existentes de CESCHINI; FIGUEIRA-JUNIOR, 2007, que investiga onze barreiras à prática de atividades físicas: falta de interesse em exercício; locais distante da residência; falta de companhia; falta de locais apropriados; clima; preferência em realizar outras atividades; desânimo; falta de motivação; excesso de atividades acadêmicas; falta de tempo; falta de incentivo dos pais.

A coleta de dados ocorreu entre os meses de novembro de 2013 a janeiro de 2014 no período matutino nas salas de aulas utilizando uma balança portátil e uma fita métrica.

Os dados foram armazenados em planilha de Excel e analisadas no Programa Statistical Package do Social Sciences for Windows 18.0. A análise das variáveis quantitativas foram expressas através da média e desvio padrão.

O estudo foi previamente aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Goiás, (Ofício nº 306/10 CEP/UFG), e seguiu as diretrizes da Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

Os estudantes que aceitaram a participar foram informados sobre o objetivo da pesquisa e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

### 3. Resultados

Este estudo foi constituído de uma amostra de 128 estudantes universitários, sendo 35 (27,3%) do sexo masculino e 93 (72,7%) do sexo feminino a média de idade foi de 21,4 anos. Os dados relevantes analisados estão distribuídos nas tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1: Distribuição dos estudantes do Curso de Enfermagem e Educação Física, segundo faixa etária. Catalão, 2014.

<b>Faixa Etária (anos)</b>	<b>n</b>	<b>(%)</b>
18 - 20	63	49,22
21 - 23	48	37,5
24 - 26	6	4,69
27 - 29	4	3,12
>30	7	5,47
<b>TOTAL</b>	<b>128</b>	<b>100</b>

De acordo com a tabela 1, percebe-se que a faixa etária mais prevalente esteve entre 18 a 20 anos, seguida por indivíduos entre 21 a 23 anos. Os extratos correspondentes entre 24 a 26, 27 a 29 e acima de 30 anos foram os menos prevalentes.

**Tabela 2:** Nível de atividade física em universitários do Curso de Enfermagem e Educação Física. Catalão, 2014

Parâmetros	Nível de Atividade Física	
	n	%
Ativos	54	42,18
Sedentários	40	31,26
Insuficientemente ativos	17	26,56
Total	128	100

De acordo com a tabela 2, percebe-se que a maior distribuição ocorre entre os ativos, seguido pelos sedentários.

Em relação ao tipo de atividade física executada pelos estudantes, houve predomínio de estudantes que praticam mais de uma atividade (48%) como correr, caminhar, pedalar, nadar, musculação e atividades em grupos. Aqueles que praticam somente uma atividade referiram caminhar (20%), correr (14%), atividade em grupo (10%) e musculação (8%).

Na verificação da circunferência da cintura, 75% dos estudantes encontra-se no padrão normal, o restante apresenta alto risco ou circunferência alterada com 12,5% de cada item.

A pressão arterial sistêmica teve média de 119x64 mmHg, variando a pressão arterial sistólica de 140 a 80 mmHg e a diastólica entre 90 a 60 mmHg. O índice de antecedente familiar com hipertensão arterial foi de 50% dos indivíduos.

A utilização de suplementos nutricionais para aumento da massa muscular, pelos estudantes entrevistados foi de 16%. No que se refere aos hábitos alimentares, o consumo de frutas e ingestão de sucos uma vez ao dia foi apontado por 46,4% dos estudantes, duas vezes ao dia 30,4%, 16% referiram fazê-lo três vezes, 5,4% quatro vezes ou mais e somente 1,8% relatou não fazer consumir. A ingestão de leguminosas quatro vezes ou mais durante a semana foi relatada por 57,1% dos entrevistados, os que consomem três vezes contabilizaram 12,5%, duas vezes 19,6% e uma vez foi de 5,4%, e os aqueles que não comem leguminosas somam 5,4%.

Ao avaliar a ingestão hídrica, nota-se que 7% dos estudantes ingerem de 1 a 2 copos por dia, 12% de 3 a 4 copos por dia, 36% ingerem 5 a 7 copos enquanto 45% relatam ingerir de 8 ou mais copos de água por dia.

Quando indagados se havia a troca de almoço por lanche 77% dos estudantes responderam que não e 20% disseram que às vezes seguido de apenas 3% afirmando que fazem troca das refeições. Apenas 2 (4%) estudantes fazem o uso de cigarro enquanto a maioria, ou seja, 96% não utiliza. Os indivíduos que relataram fazer o uso de cigarro, constatou-se que eles consomem aproximadamente 12 cigarros por dia. Em

relação ao consumo de bebida alcoólica 46% não ingerem enquanto 30% utilizam raramente, 9% ingerem mensalmente e 15% fazem o uso semanalmente. A cerveja foi a bebida alcoólica com maior prevalência (30%).

Com relação às barreiras existentes para não realização de atividade física, os dados da Tabela 3., demonstram a prevalência das barreiras, a frequência e a proporção das mesmas segundo os estudantes.

Tabela 3: Frequência (n) e proporção (%) das barreiras para a prática de atividade física segundo a ordem de importância em universitários do Curso de Enfermagem e Educação física. Catalão, 2014.

<b>Barreiras Relatadas</b>	<b>n</b>	<b>%</b>
Falta de tempo	42	32,81%
Excesso de atividades acadêmicas	38	29,68%
Clima	37	28,90%
Falta de companhia	33	25,78%
Preferir outras atividades	26	20,31%
Falta de motivação	25	19,53%
Falta de interesse no exercício	23	17,96%
Desanimo	22	17,18%
Falta de incentivo familiar	17	13,28%
Locais inapropriados	16	12,5%
Amigos moram longe	10	7,8%
Locais distantes da residência	10	7,8%

## **4. Discussão**

No presente estudo, a amostra foi composta, em sua maioria por estudantes ativos (42,18%), fato esperado devido ao histórico esportivo e o perfil dos alunos que ingressam no curso de Educação Física.

É importante ressaltar que em pesquisa feita na mesma universidade, com estudantes do curso de Enfermagem, o nível de sedentarismo foi prevalente (72,2%)

(SILVA et al., 2013). Este resultado associa-se a outros estudos, os quais dentre os estudantes da área da saúde, os mais ativos fisicamente são do curso de Educação Física (MIELKE, et al 2010; PAIXÃO; DIAS; PRADO, 2010).

Para Hainzenreder, et al. (2010) a motivação principal dos estudantes de Educação Física na realização de atividades físicas esteve relacionado ao bem estar, e as atividades mais praticadas foram caminhada/corrida, sendo referida por 39,3% da população estudada. Nesta pesquisa, as atividades mais realizadas foram caminhar (20%), correr (14%), contudo 48% dos estudantes apontam que praticam mais de um exercício, o mais citado foi correr e caminhar, corroborando com estudo de Hainzenreder et al. (2010).

Estudos de Silva e Petroski (2011) indicam que 69,2 % dos universitários pesquisados estavam com nível adequado de participação em atividades físicas, o que está associado a benefícios consideráveis à saúde, além de diminuir o estresse e amenizar tensões e pressões que os universitários sofrem diariamente.

Na investigação dos hábitos alimentares, o consumo de leguminosas e frutas encontram-se adequadas, diferenciando-se do estudo de Maciel et al. (2012) que apontou que a frequência de ingestão de leguminosas e frutas por estudantes de uma universidade em São Paulo, não alcançam os valores de uma porção diária recomendada, conforme recomendações da OMS.

Em relação ao IMC, 62,5% da população estudada foram consideradas como eutróficos corroborando com outro estudo de Paixão, Dias e Prado (2010) realizado com estudantes de cursos da área da saúde, em Recife-PE, onde a média do IMC encontra-se dentro da classificação do peso normal, sobretudo os estudantes de Educação Física.

Apesar do alto nível de atividade física, alimentação e IMC adequados, no que se refere a fatores de risco associados ao desenvolvimento de doenças cardiovasculares, os estudantes apresentam dois fatores de risco, já que na investigação da pressão arterial, evidenciou-se que 34% dos entrevistados estão com valores alterados, e no geral, 50% apresentam antecedentes familiares para hipertensão arterial.

Em um estudo realizado com jovens na região sudeste brasileiro detectou que a alteração pressórica foi um parâmetro prevalente vindo que este fator é determinante para a instalação de patologias na fase adulta e que é necessária a adoção de hábitos saudáveis de vida e ações que possam contribuir de forma efetiva para o controle da mesma (FREITAS et al., 2012).

No nosso estudo, somente 4% dos entrevistados referem ser tabagistas e 46% ingerem bebidas alcólicas, estes resultados se diferem de outras pesquisas, onde o consumo de bebida alcólica e tabagismo possuem alta prevalência entre estudantes universitários, indicando a vulnerabilidade destes indivíduos para condutas com risco a saúde (PEDROSA et al., 2011; RAMIS et al., 2012).

A baixa frequência de tabagismo e a pouca adesão à ingestão de bebidas alcóoli-

Mesmo encontrando-se uma pequena porcentagem de estudantes que fazem uso de suplementos (16%), este dado é relevante uma vez que em geral, o uso não se faz de forma adequada, sendo indicado por amigos ou frequentadores de academias (POLL; LIMA, 2013). De acordo com Santos, Maciel e Menegetti (2011), um dos possíveis efeitos do uso indiscriminado de suplementos nutricionais é a redução da produção de neurotransmissores responsáveis pelo controle dos comportamentos impulsivos e agressivos.

Poll e Lima (2013) ressaltam ainda que o excesso do uso de suplementos pode ocasionar processos de intoxicação ou prejuízo de absorção de outros nutrientes, bem como a sobrecarga de alguns órgãos. Dessa forma, o uso de suplementos entre os universitários precisa ser vista de forma mais cuidadosa, visto que nem sempre, os estudantes possuem orientações sobre a real necessidade do seu uso.

Com relação a investigação das barreiras e fatores determinantes para prática de atividade física é de extrema importância, pois são fatores modificáveis, ao combater o sedentarismo direcionam a adoção de hábitos saudáveis mediante criação de programas de qualidade de vida como prevenção para doenças e agravos nesta população.

Sousa et al., (2013), em seu estudo com universitários do nordeste do Brasil verificaram que as barreiras situacionais como: obrigações com o estudo, clima, excesso de trabalhos acadêmicos e falta de incentivo dos familiares foram os mais referidos pelos alunos, corroborando com os achados desta pesquisa como a falta de tempo e o excesso de atividades acadêmicas.

A percepção de barreiras situacionais entre os universitários pode estar relacionada também ao período acadêmico em que o mesmo se encontra, pois estudantes nos últimos anos do curso citam principalmente as barreiras que são obrigações com os estudos e excesso de trabalhos acadêmicos, provavelmente devido à demanda dos últimos anos, como a participação em estágios e trabalho de conclusão de curso, bem como outras demandas possíveis, tais como a necessidade de entrar no mercado de trabalho.

No entanto, os estudantes universitários de um Instituto Egípcio referem como barreiras permanentes para a prática de atividade física, tanto barreiras relacionadas com a situação (falta de tempo: 41,2%), como de recursos (ausência de locais para a prática: 35,5%, e falta de lugares seguros: 31,9%) e os alunos apresentam rotinas educacionais semelhantes aos estudantes universitários brasileiros (EL-GILANY, 2011). Por outro lado barreiras como ausência de locais para praticá-la atividade física foi o achado de menor prevalência nesta pesquisa.

Segundo Garcia e Fisberg (2010) a falta de companhia de amigos e de locais para a prática de atividade física são barreiras externas importantes para a população atendida, com vista a melhoria dos fatores internos na universidade para que possam mediar a prática de atividades físicas. Correlacionando com o estudo aplicado nos acadêmicos se destacou a falta de companhia sendo que 25,78% deles acreditam ser uma barreira significativa.

Com relação às barreiras ambientais, é importante ressaltar o clima, falta de locais apropriados e locais próximo da residência. O clima foi uma barreira que chamou a atenção (28,90%) de prevalência fato que corrobora com o estudo realizado em Pelotas-RS onde este fator tornou-se uma barreira impeditiva para realização de atividade física principalmente no inverno (COPETTI; NEUTZLING; SILVA; 2010).

Na Turquia e na Espanha as principais barreiras foram a falta de energia e motivação assim como pouco apoio social de familiares e amigos acreditam-se que as barreiras encontrados dos estudos se relacionam com características de cada cultura principalmente no contexto sócio-cultural e econômico (GOMES-LOPEZ et al., 2010; MAGLIONE; HAYMAN, 2009).

Silva e Petroski (2011) ressaltam que o incentivo à participação em atividades físicas é uma estratégia que as universidades podem dispor para que alunos tenham estilo de vida mais saudável. Neste contexto, as políticas públicas relacionadas à promoção da saúde enfatizam a importância da elaboração de artifícios que incentivem a adesão do universitário a prática de algum esporte tais como implantação de academias nas universidades, elaboração de programas de qualidade de vida dentro do meio acadêmico e oficinas e eventos que estimulem a atividade física (MENDONÇA; TOSCANO; OLIVEIRA, 2009).

A criação de espaços para a prática de atividade física no campus universitário diminui a distância para os locais, bem como disponibiliza a prática em diferentes momentos do período de aulas. Estas são ações essenciais que podem minimizar o impacto das barreiras para a prática de atividade física no lazer destes estudantes universitários.

## **5. Considerações finais**

Algumas limitações devem ser apontadas neste estudo. Primeiramente, a pesquisa foi realizada através do delineamento transversal o que não permite fazer relações de causa-efeito, apenas levantar hipóteses para futuras investigações.

Quanto ao nível de atividade física os resultados demonstram que os acadêmicos apresentam níveis satisfatórios, contudo nos resultados referentes à pressão arterial observem-se a necessidade de uma maior investigação visto que a população encontra-se com os valores alterados e que metade desta mesma apresenta antecedentes familiares hipertensos. Apesar de não termos instrumentos de fácil entendimento e aplicação para determinar as barreiras para a prática de atividade física devidamente validada no Brasil, a compreensão das perguntas pelos estudantes foram eficazes.

Consideramos que as barreiras prevalentes entre os acadêmicos deste estudo foram as de origem situacionais e sociais sendo elas: falta de tempo, excesso de atividades acadêmicas, falta de companhia, houve predomínio de alunos jovens 18 a 20

anos do sexo feminino, procedentes do estado de Goiás.

Conhecer a prevalência dessas barreiras relatadas pelos estudantes do curso de Enfermagem e Educação física constitui uma importante ferramenta para os gestores no que se refere a adoção de políticas públicas para investir em um estilo de vida saudável mediante a criação de programas de qualidade de vida como prevenção para doenças e agravos à saúde.

Considerando que a falta de tempo obteve maior prevalência pode ter sido devido o curso de Enfermagem ser em período integral e que muitos estudantes desenvolvem projetos de pesquisa e extensão associados ao ensino enquanto o de Educação física e no período matutino, porém a maioria dos alunos trabalham nos outros períodos tornando esse fato uma barreira para a prática da atividade física.

Assim, os estudantes universitários incluídos nesta categoria têm que continuar recebendo incentivos para manter os níveis de frequência e intensidade de atividade física, sendo necessária a adoção de programas incentivadores de hábitos saudáveis.

---

## MEASUREMENT OF LEVEL OF PHYSICAL ACTIVITY AND PERCEPTIONS OF BARRIERS KNOWN PRACTICE OF PHYSICAL ACTIVITY IN STUDENTS

**Abstract:** Study of quantitative, analytical and critical nature, performed within the State of Goiás, with the goal of measuring of level of physical activity and perceptions of barriers known in practice of physical activity in students graduating from the college of nursing and physical education of the Regional Catalão, associating with physical activity level, eating habits, systolic and diastolic blood pressure, supplement use and family history of chronic diseases. International Physical Activity Questionnaire (IPAQ) was applied. Data were entered into an Excel spreadsheet and analyzed using the Statistical Package for Social Sciences for Windows Program 18.0. The sample consisted of 128 students, 35 (27.3 %) were male and 93 patients (72.7%) were female, mean age was 21.4 years. Index of active students (42.18 %), insufficiently active (26.56%) and the sedentary (31.26%). Body mass index (IMC) averaged 23,2kg. Systemic arterial pressure averaged 119 x 64 mm hg, systolic blood pressure ranging from 140 - 80 mmhg and the diastolic between 90 and 60 mmhg. The family history with high blood pressure index was 28 (50 %). The most prevalent barriers were lack of time (32.81 %), excess tasks (29.68 %) and climate (28.90%). Verified that students should continue receiving incentives to maintain levels of frequency and intensity of physical activity. The study allowed us to hypothesize that excessive academic and professional activity is the main barrier to physical activity for both courses.

**Keywords:** Barriers; Level of physical activity; Students

---

## Referências bibliográficas

BRASIL. Ministério da Saúde. **Orientações para coleta e análise de dados antropométricos em serviços de saúde: norma técnica do sistema de Vigilância Alimentar e Nutricional - SISVAN.** Brasília: Ministério da Saúde, 2011. (Série G. Estatística e Informação em Saúde).

CESCHINI, F.L.; FIGUEIRA - JUNIOR, A. F. **Barreiras determinantes para a prática de atividade física em adolescentes.** Rev. bras. Ci. e Mov, São Paulo, v.1, n.15, p. 29-36, Ago. 2007.

COPETTI, J.; NEUTZLING, M. B.; SILVA, M. C. **Barreiras à prática de atividades físicas em adolescentes de uma cidade do sul do Brasil,** Rev. Brasileira de atividade física & saúde, Alegrete, v.15, n.2, p. 88-94, Mar. 2010.

EL-GILANY, A. H.; BADAWI, K.; EL-KHAWAGA, G.; AWADALLA, N. **Physical activity profile of students in Mansoura University**, Egypt, EMHJ, v. 17, n. 8, p.694-702, Ago. 2011.

FREITAS; D; RODRIGUES; C.S; YAGUI; C.M; CARVALHO; R.S.T; MARCHI-ALVES;L.M. **Fatores de risco para hipertensão arterial em estudantes universitários**. Rev. Acta. Paul Enferm. São Paulo, v. 25, n.3, p.430-4, 2012.

GOMES-LOPEZ, M.; GALLEGOS, A. G.; EXTREMERA, A. B. **Perceived barriers by university students in the practice of physical activities**, J Sports Sci Med, v. 9, n. 3, p. 374-81, Dez. 2010.

HAINZENREDER, I.D.; MONTE, L.S.; SCHWENGBER, L.M.; LOPES, C.P. **Tempo habitual de atividade física de universitários durante as fases do curso de educação física na cidade de Torres – RS**. Revista Brasileira de Prescrição e Fisiologia do Exercício, São Paulo, v. 4, n. 22, p. 409-20, jul/ago, 2010.

HINO, A. A. F.; REIS, R. S.; RODRIGUES, C. R.; SANTOS, M. S.; **Prevalência de barreiras para a prática de atividade física em adolescentes**, Rev. Bras. Epidemiol. São José dos Pinheiros, v.1, n.13, p. 94-104, Set. 2010.

JOSÉ, H. P. M.; SOUSA, T. F.; SANTOS; S. F. S.; **Barreiras percebidas à pratica de atividade física no nordeste do Brasil, Pensar a prática**, Goiânia, v.13, n.1, p. 1-15,Abr. 2010.

MACIEL, E. S.; SONATI, J. G.; MODENEZE, D. M.; VASCONCELOS, J. S.; VILARTA, R. **Consumo alimentar, estado nutricional e nível de atividade física em comunidade universitária brasileira**. Rev Nutr., Campinas, v. 25 n. 6, p. 707-718, nov./dez., 2012. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rn/v25n6/03.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

MADUREIRA, A.S.; CORSEUIL, H.X.; PELEGRINI, A.; PETROSKI, E. L. **Associações entre estágios de mudanças de comportamento relacionados à atividade física e estado nutricional em universitários**. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 25, n. 10, p. 2139-46, out., 2009.

MAGLIONE, J.L.; HAYMAN, L.L.; **Correlates of physical activity in low income college Student**, Res Nurs Health, v. 32, n. 6, p. 634-46, Set. 2009.

MARTINS, M. C. C.; RICARTE, I. F.; ROCHA, C. H. L.; MAIA, R. B.; SILVA, V. B.; VERAS, A. B.; FILHO, M. D. S. **Pressão Arterial, Excesso de Peso e Nível de Atividade Física em Estudantes de Universidade Pública**. Arq Bras Cardiol, v. 95, n. 2.

MELLO, M.V.O.; BERNARDELLI JUNIOR, R.; MENOSSI, B.R.S.; VIEIRA, F.S.F. **Comportamentos de risco para saúde de estudantes da Universidade Estadual do Norte do Paraná (Brasil)- uma proposta de intervenção online**. Ciências & Saúde Coletiva, v. 19, n. 1, p. 159-64, 2014.

MENDONÇA, B.C.A.; TOSCANO, J.J.A.; OLIVEIRA, A.C.C. **Do Diagnóstico à ação: experiências em promoção da atividade física programa academia de Aracaju : promovendo saúde por meio da atividade física.** Revista Brasileira de Atividade & Saúde, Sergipe, v.14, n.3, p. 211-16, 2009.

MIELKE, G. I.; RAMIS, T. R.; HABEYCHE, H. C.; OLIZ, M. M. TESSMER, S.; AZEVEDO, M. R.; HALLAL, P. C. **Atividade física e fatores associados em universitários no primeiro ano da Universidade Federal de Pelotas.** Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, v. 15, n. 1, p. 57-64, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.ufpel.edu.br/ojs2/index.php/RBAFS/article/viewFile/696/696>>. Acesso em: 10 junho. 2014.

NASCIMENTO, J.S.; GOMES, B.; SARDINHA, A.H.L. **Fatores de risco modificáveis para doenças cardiovasculares em mulheres com hipertensão.** Rev Rene, v. 12, n. 4, p.709-15, 2011. <<http://www.scielo.br/pdf/rbme/v17n2/v17n2a03.pdf>>. Acesso em: 05 jun. 2014.

PAIXÃO, L. A.; DIAS, R. M. R.; PRADO, W. L. **Estilo de vida e estado nutricional de universitários ingressantes em cursos da área de saúde do Recife/PE.** Revista Brasileira de Atividade Física & Saúde, v. 15, n.3, p. 145-150, 2010. Disponível em: <[http://www.sbfafs.org.br/\\_artigos/398.pdf](http://www.sbfafs.org.br/_artigos/398.pdf)>. Acesso em: 23 jun. 2014.

PEDROSA, A.A.S.; CAMACHO, L.A.B.; PASSOS, S.R.L.; OLIVEIRA, R.V.C. **Consumo de álcool entre estudantes universitários.** Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 27, n. 8, p. 1611-21, ago., 2011.

PETRIBÚ, M. M. V.; CABRAL, P. C.; ARRUDA, I. K. G. **Estado nutricional, consumo alimentar e risco cardiovascular: um estudo em universitários.** Rev.Nutr., Campinas, v. 22, n. 6, p. 837-846, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rn/v22n6/v22n6a05.pdf>>. Acesso em: 09 jun. 2014.

POLL, F.A.; LIMA, A.P. **Consumo de suplementos alimentares por universitários da área da saúde.** Cinergis, v.1, n.1, p.33-37, 2013.

RAMIS, T.R.; MILEKE, G.I.; HABEYCHE, E.C.; OLIZ, M.M.; AZEVEDO, M.R.; HALLAL, P.C. **Tabagismo e consumo de álcool em estudantes universitários: prevalência e fatores de risco associados.** Rev Bras Epidemiol, v. 15, n. 2, p. 376-85, 2012.

SANTOS, J.F.S.; MACIEL, F.H.S.; MENEGETTI, D. **Consumo de suplementos proteicos e expressão da raiva em praticantes de musculação.** R. da Educação Física, Maringá, v.22, n.4, p. 623-35, 2011.

SILVA, D.A.S.; PETROSKI, E.L. **Fatores associados ao nível de participação em atividades físicas em estudantes de uma universidade pública no sul do Brasil.** Ciências & Saúde Coletiva, n. 16, v. 10, p. 4087-94, 2011.

SILVA, M.L.; PEREIRA, C.T.; FELIPE, R.L.; CHRIGUER, R.S.; EVANGELISTA, R.A. **Atividade física e fatores associados em alunos de graduação do Curso de Enfermagem da Universidade Federal de Goiás – Campus Catalão.** Anais do 10º Congresso de Pesquisa e Extensão - Conpeex , v.1, 2013.

SOARES, M. M.; LAZZAROTTO A. R.; WACLAWOVSKY, G.; LANCHO, J. L. A. **Estudo epidemiológico sobre os objetivos dos adolescentes com a prática de atividade físico-desportiva.** Rev Bras Med Esporte, v. 17, n. 2, p. 88-91, 2011. Disponível em: Sociedade Brasileira de Hipertensão (SBH). Diretrizes Brasileiras de Hipertensão VI. Rev Hipertens. v. 13,n. 1, p.16, 2011.

SOUSA, T. F.; FONSECA, S. A.; BARBOSA, A. R. **Perceived barriers by university students in relation the leisure-time physical activit,** Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum, v. 15, n. 2, p. 164-173,Ago . 2013.

SOUSA, T.F.; JOSÉ, H.P.M.; BARBOS, A. R. **Condutas negativas à saúde em estudantes universitários brasileiros.** Ciência & Saúde Coletiva, v. 18, n. 12, p. 3563-75, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Global health risks: mortality and burden of disease attributable to selected major risks.** Geneva, World Health Organization, 2009.

ZANCHETTA, L. M.; BARROS, M.B. A.; CÉSAR, C. L. G.; CARANDINA, L. GOLDBAUM, M. ALVES, M. C. G. P. **Inatividade física e fatores associados em adultos,** São Paulo, Brasil. Rev Bras Epidemiol, v. 13, n. 3, p. 387-99, 2010. Disponível em: <<http://www.scielosp.org/pdf/rbepid/v13n3/03.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2014.

# 6

## CAPÍTULO

# **ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO PEDAGÓGICO DO DOCENTE DO ENSINO SUPERIOR E A INCLUSÃO ESCOLAR DOS ALUNOS COM DEFICIÊNCIA NA EDUCAÇÃO BÁSICA**

**ARAÚJO, Diego Rodrigues de<sup>1</sup>; SANTOS, Cristiane da Silva <sup>2</sup>**

1 Aluno do Curso de Educação Física da RC/UFG

2 Professora Dra do Curso de Educação Física da RC/ UFG

\* **email: [araujodiego\\_crf@hotmail.com](mailto:araujodiego_crf@hotmail.com)**

---

**Resumo:** Estudos realizados com os professores que atuam na Educação Básica com alunos com deficiência revelam o despreparo para lidar com esse público alvo da Educação Especial. Esta pesquisa analisa a formação e a organização da prática pedagógica do docente do Ensino Superior formador de professores para atuar na Educação Básica à luz das políticas públicas de inclusão escolar dos alunos com deficiência. Para tanto, utilizou-se dois tipos de delineamentos, o documental e o de campo de caráter crítico-descritivo. O universo do estudo compreendeu os docentes efetivos do Curso de Educação Física e Pedagogia da Regional Catalão/UFG, envolvendo seis docentes que atuam com a disciplina de Estágio Curricular Supervisionado e que Coordenam o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID, mediante entrevistas semiestruturadas e respectivas análises de conteúdo. Esperamos com este estudo aprofundar os debates referentes a esta temática bem como ampliar as discussões dos processos de produção de conhecimento nessa área, visando com isto auxiliar os administradores das Universidades brasileiras na tomada de decisões políticas acerca do assunto.

**Palavras-chave:** Formação de Professores; Educação Superior. Inclusão Escolar.

---

## **1. Introdução**

Muito se discute sobre a formação, a qualificação e a prática pedagógica de professores da Educação Básica, mas pouco se questiona sobre a formação e a prática pedagógica do docente do Ensino Superior, referente a aspectos didático-pedagógico; formação profissional (pedagógica e específica) visto que não são somente profissionais da área da educação e licenciaturas que ministram aula neste nível de ensino, mas profissionais de outros ramos e/ou pesquisadores que não possuem formação didático-pedagógica e que por motivos distintos se tornaram professores (COSTA; SAMPAIO, 2007).

Conforme Silva (2008) torna-se necessário indagar quem são os formadores dos

professores que atuam na Educação Básica para trabalhar com os alunos com deficiência.

Eles possuem uma formação que consiga valorizar e tornar essas orientações possíveis? Este é um enorme problema presente nos cursos de licenciatura, uma vez que grande parte de seus docentes são bacharéis com poucos conhecimentos pedagógicos, que não possuem nenhuma proximidade com a realidade da educação básica. Quando se trata da vivência e/ou experiência educacional envolvendo pessoas com deficiência, essas questões se intensificam ainda mais. Há a necessidade de se preocupar com a formação dos formadores. Estes profissionais precisam ampliar sua formação pedagógica para conseguir aliar a pesquisa à prática educativa, que, como tal, é relativa ao ensino e à aprendizagem. (SILVA, 2008, p. 245)

Para Masetto (1998) o docente universitário, deve ter enraizado em sua prática, o conhecimento sociocultural, para lidar com a diversidade de seus alunos e com a diversidade na comunidade universitária. Além disso, este docente deve ter um conhecimento sócio científico, para não atuar somente como pesquisador ideólogo que se distancia da realidade devendo, para tanto, possuir saberes metodológicos, curriculares, contextuais e pedagógicos. Tendo em vista que a profissão docente nos dias de hoje não visa somente a transmissão de um conhecimento acadêmico, pois permeia e vivencia vários conflitos, como a motivação, a luta contra a exclusão social, a participação social mais ampla e as relações com a comunidade, as quais exigem deste profissional uma nova formação inicial e permanente.

Nesse sentido essa pesquisa visa analisar a formação e a organização do trabalho pedagógico do docente do Ensino Superior formador dos professores da Educação Básica à luz das políticas públicas de inclusão escolar dos alunos com deficiência. Para tanto, este estudo pretende, em termos mais específicos:

- a) Identificar as políticas públicas educacionais de inclusão escolar dos alunos com deficiência e seus reflexos na formação e na organização da prática pedagógica do docente do Ensino Superior formador de professores para a Educação Básica;
- b) Verificar e analisar a formação e a organização do trabalho pedagógico do docente do Ensino Superior formador dos professores da Educação Básica à luz das políticas públicas de inclusão escolar dos alunos com deficiência.

Tendo em vista o objetivo proposto esta pesquisa foi desenvolvida por meio da utilização de dois tipos de delineamentos: documental e o crítico-descritivo e teve como universo o Curso de Educação Física e Pedagogia da Regional Catalão da Universidade Federal de Goiás. A população foram os docentes que atuam com as

disciplinas de Estágio Curricular Supervisionado e que coordenam o Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência – PIBID. Nesse sentido, por meio da técnica de amostragem aleatória simples selecionamos 10% desses professores, sendo 2 professores de estágio e um coordenador de PIBID em cada curso, totalizando uma amostra de 6 participantes.

Como fonte de coleta de dados, realizamos entrevista semiestruturada após a aprovação do Projeto de Pesquisa no Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Goiás – CEP/UFG (Parecer n. 420.741 de 07/10/2013). Para a análise dos dados utilizamos o método denominado “análise de conteúdo” (BARDIN, 1977 apud TRIVIÑOS, 1987).

## **2. Políticas públicas educacionais, inclusão escolar dos alunos com deficiência e formação e organização da prática pedagógica do docente do Ensino Superior**

No que se refere ao processo de formação de professores para o trabalho com as pessoas com deficiência, com a diversidade existem no Brasil vários instrumentos jurídico-normativos que respaldam essa temática voltada para os docentes da Educação Básica.

A Declaração de Salamanca (1994) expressa que deve garantir “programas de treinamento de professores, tanto em serviço como durante a formação, incluam a provisão de educação especial dentro das escolas inclusivas (p. 2).

Em 1994, a Portaria MEC nº. 1.793 recomenda a necessidade de incorporar conteúdos sobre necessidades educativas especiais em todos os cursos de graduação, principalmente na área da formação de professores.

Segundo Vitalino e Manzini (2010, p. 56) “com vistas a possibilitar que os futuros professores venham a responder as exigências do contexto educacional atual, dentre elas a diversidade entre os alunos”, algumas orientações foram identificadas no Parecer CNE/CEP9/2001 que deu origem ao parecer nº 2 do CNE/CBE que institui as Diretrizes Nacionais para a Educação Especial na Educação Básica. Destacamos as seguintes orientações:

As novas tarefas atribuídas à escola e a dinâmica por elas geradas impõem a revisão da formação docente em vigor na perspectiva de fortalecer ou instaurar processos de mudança no interior das instituições formadoras, respondendo às novas tarefas e aos desafios apontados, que incluem o desenvolvimento de disposição para atualização constante de modo a inteirar-se dos avanços do conhecimento nas diversas áreas, incorporando-os, bem como aprofundar a compreensão da

complexidade do ato educativo em sua relação com a sociedade. Para isso, não bastam mudanças superficiais. Faz-se necessária uma revisão profunda de aspectos essenciais da formação inicial de professores, tais como: a organização institucional, a definição e estruturação dos conteúdos para que respondam às necessidades da atuação do professor, os processos formativos que envolvem aprendizagem e desenvolvimento das competências do professor, a vinculação entre as escolas de formação inicial e os sistemas de ensino, de modo a assegurar-lhes a indispensável preparação profissional. (BRASIL, 2001, p. 10)

Nas Diretrizes Nacionais para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena (Resolução CNE/CP nº 1/2002) “temos análises que reforçam a necessidade de preparar os professores para atuar de modo a atender a diversidade” (VITALINO; MANZINI, 2010, p. 54). O artigo 2º expressa que “os cursos devem visar a preparação do professor para o acolhimento e o trato da diversidade” e o 6º recomenda que “os currículos dos cursos de licenciatura contemplem conhecimentos sobre as especificidades dos alunos com necessidades educacionais especiais” (BRASIL, 2002, p. 1; 3).

Em 2008 é divulgado a Política Nacional de Educação Especial na Perspectiva da Educação Inclusiva enfatizando o Atendimento Educacional Especializado – AEE. Visando à implementação dessa política é aprovado o Decreto nº 6.571/2008 revogado pelo Decreto nº 7.611/2011, que dispõe sobre a Educação Especial, o AEE e dá outras providências. O artigo 5º desse decreto 2º parágrafo inciso III e IV aborda sobre a formação continuada dos professores, gestores, educadores e demais profissionais da escola para a educação na perspectiva da educação inclusiva.

Entretanto, estudos demonstram que, após 20 anos, a Portaria nº 1.793/1994 não foi operacionalizada no rol das disciplinas que compõem a grade curricular dos cursos de graduação e pós-graduação das IES. Santos e Carmo (1999 apud SANTOS, 2013) desenvolveram, nos anos de 1997 e 1998, um estudo cujo objetivo foi conhecer as condições materiais, humanas e pedagógicas oferecidas pela UFU para que os acadêmicos com deficiência física e visual, ingressantes em seus diferentes cursos de graduação, pudessem integralizar os créditos exigidos. Os resultados dessa pesquisa permitiram verificar que, dos 28 cursos de graduação oferecidos na época, apenas dois ofereciam disciplinas que tratavam de conteúdos relativos às pessoas com deficiência, totalizando seis disciplinas (duas obrigatórias e quatro optativas), num universo de 1.473 disciplinas (1.273 obrigatórias e 200 optativas).

Nessa mesma perspectiva, Chacon (2001) realizou um estudo, no qual analisou as grades curriculares dos cursos de Pedagogia e Psicologia das universidades federais de todo o Brasil e das estaduais e particulares dos Estados de São Paulo e Mato Grosso, bem como suas respectivas ementas e/ou conteúdos. “A pesquisa mostrou

que, dos 58 cursos de Pedagogia e Psicologia, apenas 13 apresentaram alterações na grade curricular, o que significa uma quantidade de cursos muito baixa, pois equivale a 22,5% do total de cursos estudados” (CHACON, 2001 apud MOREIRA, 2005, p. 38).

Em 2009, Silva analisou os currículos dos cursos de licenciatura em: Ciências Biológicas, Geografia, História, Letras, Matemática, Pedagogia e dos programas de pós-graduação *stricto sensu* nas referidas áreas e/ou equivalentes, oferecidos pela UFG, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, UFU e UnB, buscando compreender a inserção da temática das pessoas com deficiência. Identificou que 13 cursos (45%) apresentaram em seus currículos a presença da discussão sobre educação inclusiva e/ou educação especial e 16 (55%) não abordaram a temática. Dos que abordaram a temática, a discussão aconteceu em disciplinas de natureza obrigatória (46% das disciplinas), envolvendo, assim, todos os estudantes do curso e 54% são optativas.

Como aponta Menicucci (2007, p. 3), a legislação brasileira “contém um marco legal bastante avançado em termos da garantia e direitos às pessoas com deficiência, embora muito ainda se encontre no campo das letras e não no âmbito da sua concretização”.

De modo geral, em nenhum dos documentos analisados, encontramos discussões sobre a necessidade da formação de professores da Educação Superior para responderem as exigências desse contexto educacional atual, bem como orientações para a ação docente para com os discentes universitários com deficiência. A Universidade nesses documentos é chamada apenas a “desempenhar um importante papel consultivo na elaboração de serviços educativos especiais, principalmente com relação à pesquisa, à avaliação, à preparação de formadores de professores e à elaboração de programas e materiais pedagógicos” (BRASIL, 1994, p. 37-38).

Entretanto, mesmo a universidade sendo mobilizada para auxiliar nas reformas educacionais para os outros níveis de ensino, os estudos evidenciam a existência de uma série de barreiras arquitetônicas, de comunicação e de informação, de transporte, de ajudas técnicas, de formação de professores, didático-pedagógica, curricular e atitudinais no contexto universitário que não garantem as condições básicas de acessibilidade para garantir a permanência e o sucesso das pessoas com deficiência (SANTOS, 2013).

### **3. Análise e discussão dos dados**

Dos seis sujeitos que participaram do estudo quatro são do gênero feminino e um masculino, dois são formados em Pedagogia (Pamela<sup>1</sup> e Anna), uma em Letras (Adriana) e três em Educação Física (André, Daniela e Izabela). O tempo de atuação

na Educação superior varia de 05 a 22 anos, sendo que três docentes possuem mestrados e três doutorados.

Na primeira questão perguntamos sobre a formação profissional dos participantes (graduação e pós-graduação) se havia alguma disciplina voltada para as questões da inclusão escolar, mais especificamente dos alunos com deficiência. Todos os professores do curso de Educação Física disseram ter uma disciplina específica para esse público na graduação. a Daniela mencionou uma disciplina no mestrado e a Izabela disse que a discussão da inclusão apareceu como um eixo em algumas disciplinas. Dois professores de pedagogia não tiveram a disciplina e Anna fez a disciplina como Núcleo Livre na graduação e Especialização em Neuropedagogia e Psicanálise que possibilitou a discussão sobre essa temática.

A pesquisa de Chacon (2001 apud MOREIRA, 2005) mostrou a análise das grades curriculares dos cursos de Pedagogia e apontou que apenas 13 oferecem disciplinas que discutem temáticas voltadas para as pessoas com deficiência, diversidade. A questão do Núcleo Livre está condicionada aos interesses individuais dos discentes e a disponibilidade do docente em oferecer a disciplina regularmente.

Conforme Silva (2009) procurarão cursá-la apenas aqueles que já tiveram algum contato ou interesse subjacente a disciplina.

*Assim, restringe a formação e informações importantes a um pequeno grupo que, por motivos diversos, já possuíam algum contato com a temática. A grande maioria que, também, tornar-se-á professor (a) e, na sua vida cotidiana, em sala de aula, irá demandar de conhecimentos elementares desta questão não os terá, nem mesmo, orientações de onde encontrá-los. Sendo esta uma demanda transferida para a sua formação continuada. (SILVA, 2009, p. 188-189, grifos nossos)*

Já em relação à graduação em Educação Física, a disciplina Educação Física Adaptada surgiu oficialmente nos currículos dos cursos por meio da Resolução 03/87.

Na questão dois perguntamos aos participantes se a formação lhe deu suporte para sua atuação como docente, visando formar os professores para atuar na Educação Básica à luz das políticas públicas de inclusão escolar dos alunos com deficiência. Dois professores do curso de Pedagogia disseram que não. A professora Pamela destaca que na década de 80 havia uma preocupação muito forte com a questão da inclusão escolar na perspectiva da classe trabalhadora. A Professora Anna considerando o seu interesse pela temática fez o Estágio Curricular Supervisionado em uma escola referência (época de transição de regular para inclusiva) com uma professora-que estudava e pesquisava sobre o assunto. Defendeu o Trabalho de Conclusão de Curso nessa área. Toda essa experiência e vivência possibilita ela propiciar momentos

<sup>1</sup>Para fins éticos e didáticos usaremos nomes fictícios para preservar a identidade dos entrevistados.

de reflexões e debates sobre a temática nas disciplinas que ministram.

Os três professores do curso de Educação Física disseram que sim. O professor André disse que foi de forma superficial, “rasteira”. “O que me leva a me aproximar do tema são razões, pessoais, por ter um filho deficiente” (ANDRÉ, 2014). Tanto a professora Daniela quanto a Izabela disseram que tiveram uma fundamentação básica que permite buscar o conhecimento quando tem necessidade, apesar de não ter domínio no conteúdo específico da área da Educação Especial. Destacamos um trecho interessante da fala da professora Izabela “Acho que em especial é essa disposição para pensar esse outro, esse diferente [...]” (IZABELA, 2014).

Na questão três indagamos se eles participaram de algum evento e/ou curso de capacitação/qualificação sobre a temática voltada para as questões que envolvem a inclusão escolar e as pessoas com deficiência e em caso afirmativo a contribuição desses eventos para a organização do seu trabalho pedagógico (disciplinas e/ou PIBID) visando a formação do professor para atuar na Educação Básica com esse grupo de alunos. Dos seis professores dois até hoje não participaram, a professora Adriana ressalta que não estuda essa área e que “não é uma área que inclusive me atrai”. Dois professores participaram de eventos específicos (Daniela e Izabela) e dois de Grupos de Trabalhos Temáticos – GTTs (André e Anna). Os que participaram disseram que os eventos contribuíram para repensar a organização de suas aulas e do PIBID de modo a garantir a discussão dessa temática na Universidade desde a acessibilidade arquitetônica dos ambientes escolares, bem como a construção de metodologias para trabalhar com esses alunos na escola.

Considerando a questão dois e três as respostas das professoras Adriana e Pamela vão ao encontro dos estudos de Silva (2009). Segundo esta autora a presença e/ou a ausência no interior das instituições e, por conseguinte, de seus cursos, de professores que possuem interesse acadêmico na área da educação especial e/ou inclusiva, seja um elemento chave para a inserção da discussão da temática da inclusão escolar dos alunos com deficiência e da diversidade.

Neste desenho, cabe apenas ao professor que é pesquisador e/ou possui inserção na área a responsabilidade em desenvolver um trabalho acadêmico com a mesma, isentando os demais de também se envolverem, aprenderem e de compreenderem suas demandas para promoção coletiva de um trabalho que de fato vise à inclusão educacional dos egressos dos cursos. (SILVA, 2009, 220, grifos nossos)

Perguntamos sobre os saberes e práticas colocados em ação no contexto educacional (disciplinas e/ou PIBID) visando a formação do professor para atuar na Educação Básica na perspectiva da inclusão escolar, mais especificamente dos alunos com deficiência. Dos seis professores uma respondeu nenhuma (Adriana), a professora Pamela tem trabalhado com os alunos a perspectiva das relações de conflito e

contradição entre as classes sociais e o direito dessa classe ao acesso ao conhecimento. E aponta que em relação

a deficiência especificamente eu não me sinto autorizada a trabalhar com este conteúdo na medida em que eu não aprofundo, não tenho pesquisa, não tenho estudos realizados nessa área, o que eu conheço, e o que eu vejo nas escolas e que eu acompanho nas escolas de ensino fundamental são as dificuldades que as professoras tem em lidar com crianças que tem deficiência, nem eu mesma sei apontar, ou seja, tenho dificuldade de trazer essas questões, de ter uma posição afirmativa em relação ao que seja trabalhar com criança com deficiência na medida em que eu não tenho conteúdo específico nessa área. (PAMELA, 2014).

Baraúna e Silva (2007) discutem que muitas vezes o professor universitário não se mostra preparado para resolver e buscar soluções pedagógicas quando se encontra diante de problemáticas no cotidiano de sala de aula. Trazemos essa citação considerando que em uma aula de estágio supervisionado a professora Pamela juntamente com os alunos graduandos em formação presenciam as dificuldades das professoras da educação básica em lidar com os alunos com deficiência e por ela não ter autoridade no assunto essas questões conforme a própria professora deixa claro não fazem parte das reflexões e debates de sua disciplina. O estágio é a oportunidade de intervenção, reflexão e levantamento de problema.

A professora Anna trabalha com projetos, tanto estágio da educação infantil como fundamental.

A professora Daniela e o professor André aponta que um dos saberes necessário é a sensibilização, o pensar o outro, que o outro tem especificidades. "Quebrar com a falta de coragem em lidar com a pessoa com deficiência" (DANIELA, 20014).

No estudo de Vitalino e Manzini (2010, p. 83) o estágio é apresentado como uma oportunidade do futuro professor lidar melhor com suas emoções e crenças sobre as deficiências. "Muitos pesquisadores também avaliam que a inclusão do aluno com NEE não esbarra apenas com competência pedagógica do professor, ela envolve as concepções de homem e seus medos inconscientes perante sua própria fragilidade, enfim, aspectos sociais".

Segundo a Professora Izabela os saberes que tem sido mobilizados no PIBID é a formação teórica, como Coletivo de Autores, leituras no campo da pesquisa participante, da pesquisa-ação tendo em vista a questão da intervenção com problemáticas educacionais. A professora ressalta que

nós hoje temos algumas pesquisas dos bolsistas PIBID relacionadas a esses problemas encontrados no cotidiano da escola, então nós temos uma pesquisa de um bolsista que está investigando a questão de gênero e sexualidade na escola com a pesquisa-ação [...] nós temos dois trabalhando na questão de raça e de etnia, mas em especial com relação a lei, que coloca a questão da demanda da história e cultura afro brasileira e agora com o ingresso de alguns bolsistas que são do projeto de extensão em basquetebol em cadeira de rodas [...] eu coloquei como [...] uma oficina com essa temática do deficiente que a ideia de fazer com que os outros alunos pensassem ou passassem por um percurso de identificação com a deficiência eu pedi para que eles tentassem trazer uma reflexão dessa oficina e colocar, sistematizar como um relato de experiência, enfim então a gente tem buscado dar conta desses saberes que eles tem esse percurso de formação teórica mas que dê conta desse fato específico então, eu vou reforçar, a gente ainda não fez nenhuma leitura específica, por exemplo, a dança com deficiente, mas a ideia de como começa a discussão mais geral ela consegue deixar os alunos mais sensíveis para perceber como que eles tem que pensar essa questão da inclusão. Alguns alunos do PIBID hoje são alunos da disciplina de Educação Física adaptada e então quando tem alguma discussão específica como surgiu no caso há duas semanas a gente tem também buscado pedir para que eles tragam reflexões do que eles estão vendo. (IZABELA, 2014)

A professora Daniela aponta que o campo de atuação do estágio é a Escola Especial e a Educação Infantil. E mesmo na Educação Infantil considera a possibilidade de encontrar alunos com deficiência. Nesse sentido, são utilizados vários textos para suscitar a reflexão e o debate, bem como são realizadas várias atividades buscando promover a preparação desses alunos. Além disso, tem um roteiro de análise de conjuntura semelhante ao do professor André, no qual são abordados questões sobre as pessoas com deficiência.

Por fim, questionamos se na opinião dos participantes, tendo em vista o discurso da inclusão escolar, no contexto da Educação Básica é possível ensinar a turma toda. Caso a resposta seja afirmativa, quais são os saberes e as práticas necessárias para a formação do professor que irá atuar na Educação Básica visando a aprendizagem e a participação do aluno.

Dos seis professores, quatro disseram que não (Pamela, Adriana, Izabela e André), um disse que sim (Daniela) e um disse que depende (Anna). Segundo Anna alguns professores vão conseguir e cita exemplo de uma aula de Educação Física. Outros não. "Não tem professores que não vão conseguir nem com alunos especiais nem com alunos normais, então eu acho que isso vai de espaço para espaço, dedicação para dedicação, de formação para formação também" (ANNA, 2014).

A professora Izabela e Pamela justifica o não em relação aos próprios problemas da inclusão, número de alunos por sala, formação dos professores, acessibilidade da escola/universidade dentre outros.

Tanto o professor André quanto a professora Izabela ressalta a questão da atitude com um dos saberes a ser trabalhados na formação dos alunos, da sensibilização. Izabela cita como exemplo trabalhar a sensibilização e a mudança de atitude articulando com o campo da arte como é demonstrado no filme “Como estrelas na terra toda, criança é especial”. Segundo a professora os alunos do PIBID

perceberam quanto que uma educação fria, distante, muito voltada para o resultado, ela não consegue dar conta de incluir aquele menino, que no caso é disléxico, e que o professor de arte por conta de uma atenção de um cuidado da especificidade do trabalho dele, de fazer, esse professor que chega no aluno com a linguagem no caso daquele filme, daquela possível experiência com a linguagem artística, e como o filme ele é um filme de mimes, de dedicação, [...] então eu tenho percebido que saberes necessário tem a ver com essa reflexão, que a questão da filosofia fundamental, a questão da arte, porque ela dá aquele insight. (IZABELA, 2014)

Sensibilidade, para lidar com o tema, porque é necessário ser sensível. Como eu percebi nos tratamentos do meu filho, quer dizer, nunca tive uma vivência tão intensa com a deficiência depois do nascimento do [...] A escola dele também é interessante, toda atividade corporal ele tá envolvido, de uma forma adaptada, a professora ajudando a carregar ele para chutar a bola, ou a colega dando a mão pra ele conseguir fazer alguma atividade, ou ele no andador desenvolvendo atividade, mas a educação física não é excludente, isso reforça a ideia que você tinha colocado, será que a gente tá formando professores com essa perspectiva? As duas professoras dele da educação física são ex-alunas aqui, e alunas de referência, que estudavam, se dedicavam ao curso, e as duas tem assim muito claro a propósito delas de incluir o Francisco nas atividades, então eu percebo isso no trabalho delas, e acho que isso é resultado de uma experiência vivida aqui na universidade. (ANDRÉ, 2014)

**Para Anna os saberes importantes são as questões políticas e históricas. Destaca ainda**

as questões emocionais que envolvem a criança, questões cognitivas que podem estar relacionadas à aprendizagem e as questões emocionais que vão estar relacionadas ao meio que a criança vive eu acho que são questões importantes, e indiscutivelmente a formação do professores mesmo, de pensar a didática, pensar a prática, de organizar o meu trabalho pedagógico de pensar que o professor que não planeja ele não sabe pra onde ele vai, não sabe por onde ele navega então

ele vai se perder. Então eu acho que são os saberes importantes para um professor sair com uma formação adequada. (ANNA, 2014)

A professora Daniela ressalta que a primeira questão a ser superada é a ideia de estarmos preparados.

nós temos que estudar nos qualificar para pensar esse sujeito com deficiência, mas nós nunca vamos ter uma fórmula, uma competência para tirar da cartola quando a gente encontrar com ele, nós vamos ter que olhar para esse sujeito, analisar, avaliar e fazer uma proposta para ele dentro do grupo, dentro da turma, e também essa proposta ela tem que envolver a relação que a turma vai ter com essa pessoa, aí sim eu acredito que é possível educar tanto a turma, acredito que é valiosíssimo para uma turma ter uma pessoa com deficiência [...] é uma experiência riquíssima e daí eu entendo que não há prejuízo algum em ter um aluno com deficiência em uma sala, ao contrário é um experiência riquíssima de vida inclusive para os demais, para os colegas e para esses sujeito com deficiência é fundamental que ele conviva com pessoas que tenha outras capacidades diferentes da dele. (DANIELA, 2014)

Sobre essa fala da Daniela, os professores sempre se declaram despreparados para o processo de ensino e aprendizagem dos alunos com deficiência, mas pouco se questiona acerca da influência do tradicionalismo da prática pedagógica sobre os elevados índices de fracasso escolar dos alunos, mesmo dos sem deficiência (EDLER CARVALHO, 2011).

No que se refere aos Programas de Ensino analisados apenas o da Professora Daniela do Curso de Educação Física aponta discussões sobre a temática da diversidade e da inclusão/exclusão das pessoas com deficiência. Além disso, um dos campos do estágio é uma escola especial.

## **4. Considerações Finais**

De modo geral, verificamos que sempre depende do interesse do professor pela temática para ele buscar ampliar o seu conhecimento na área.

Nesse sentido, sugerimos que os docentes que atuam no Pibid e nos Estágios Curriculares, que não tenham formação na temática sobre a deficiência e a diversidade, considerando que fazem a mediação do aluno graduando com a escola sejam assessorados pelos professores do departamento que atuam na área da Educação Especial para ampliarem seus conhecimentos. Pode servir para possibilitar maior discussão entre os docentes, trocas de conhecimentos, experiências e opiniões (VITALINO; MANZINI, 2010).

---

## LABOUR ORGANIZATION OF EDUCATIONAL TEACHING IN HIGHER EDUCATION AND SCHOOL INCLUSION OF STUDENTS WITH DISABILITIES IN BASIC EDUCATION

**Abstract:** Studies conducted with the teachers that work in Elementary Education with students with disabilities reveal unprepared to deal with this audience of Special Education. This research analyzes the formation and organization of the pedagogical practice of teaching in Higher Education teacher trainer to act in the Basic Education the light of the basic policies of school inclusion of students with disabilities Education. For this, we have used two types of designs, i. e., the documentary and the field of critical-descriptive one. The universe of the study comprised the effective teachers in Course of Physical Education and Pedagogy Catalan Regional / UFG, involving six teachers who work with the discipline of Supervised and coordinators Program Institutional of the teaching Scholarship – PIBID, through semi-structured interviews and analyzes of their content. We hope this study further discussions regarding this topic as well as broaden the discussion of the processes of knowledge production in this area, thus trying assist administrators of Brazilian Universities in making policy decisions on the subject.

**Keywords:** Teacher Education; Higher Education; School Inclusion.

---

## Referências bibliográficas

BARAÚNA, S. M.; SILVA, V. A. **Saberes e formação pedagógica: pensando a prática da docência universitária.** In: FONSECA, S. G. (Org.). Currículos, saberes e culturas Escolares. Campinas, SP, Alínea, 2007.

BRASIL. Resolução CNE/CP n. 1 de 18 de fevereiro de 2002. **Institui Diretrizes Nacionais para a Formação Inicial de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.** Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01\\_02.pdf](http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/rcp01_02.pdf)>. Acesso: 30 jul. 2014.

\_\_\_\_\_. Conselho Nacional de Educação. Parecer CP n.009/01. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica, em nível superior, curso de licenciatura, de graduação plena.** Brasília, 08 de maio de 2001.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação e do Desporto. Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Deficiente (CORDE), e da Secretaria de Educação Especial/MEC (SESP). **Declaração de Salamanca e Linha de Ação sobre necessidades educativas especiais**. Brasília, 1994.

COSTA, A. S. F.; SAMPAIO, I. M. **A construção da identidade docente no ensino superior e os desafios educacionais no mundo globalizado**. In: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL O ESTADO E AS POLÍTICAS EDUCACIONAIS NO TEMPO PRESENTE. 2007. Uberlândia, MG. Anais... Uberlândia: FAGED Linha de Políticas e Gestão da Educação/UFU, 2007.

EDLER CARVALHO, R. **Educação inclusiva: com os pingos nos "is"**. 8. Ed. Porto Alegre: Mediação, 2011.

LORO, G. L. **Segredos e mentiras do currículo: Sexualidade e gênero nas práticas escolares**. In: \_\_\_\_\_. Currículo, gênero e sexualidade. Porto: Porto Editora, 2000. p. 37-57.

MASETTO, M. (org.). **Docência na universidade**. Campinas: Papirus, 1998.

MENICUCCI, M. do. C. **Núcleo de apoio à inclusão dos alunos com necessidades educacionais especiais – PUC minas**. In: II ENCONTRO DAS INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR INCLUSIVAS. 2007. Anais Eletrônicos... Belo Horizonte: PUC, 2007.

MOREIRA, L. C. **In(ex)clusão na universidade: o aluno com necessidades educacionais especiais em questão**. Revista de Educação Especial, Santa Maria, n. 25, p. 37-47, 2005.

SANTOS, C. da. S. **Políticas de acesso e permanência de alunos com deficiência em universidades brasileiras e portuguesas**. 375f. 2013. Tese (Doutorado em Educação), PPGED/FAGED/UFU, Uberlândia –MG, 2013.

SILVA, L. C. da. **Políticas públicas e formação de professores: vozes e vieses da educação inclusiva**. 2009. 251. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2009.

TRIVIÑOS, A.N. **Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em Educação**. São Paulo: Atlas, 1987.

VITALINO, C. R.; MANZINI, E. J. **A formação inicial de professores para a inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais**. In: \_\_\_\_\_. (Org.) Formação de professores para a inclusão de alunos com necessidades educacionais especiais. Londrina: EDUEL, 2010. p. 49-112.

Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Vol. 3

# **PARTE III**

**Engenharias**

# 7

## CAPÍTULO

# **CARACTERIZAÇÃO GRANULOMÉTRICA E AUTOMAÇÃO DO MÉTODO DE GAUDIN ATRAVÉS DE ANÁLISE DE IMAGEM UTILIZANDO O IMAGEJ**

**Barbosa, -Diego Henrique Braga Maya 1-;**  
**Carlos Silva, André 2;**  
**Mendes, Marcos Vinicius Agapito 3;**  
**Silva, Elenice Maria SCHONS 4**

1 Instrutor em Mineração, Escola SENAI Catalão, Departamento de Mineração, Catalão/GO, Brasil e aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás, Catalão/GO, Brasil

2 Dr. Professor da Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas, Catalão/GO, Brasil

3 Instrutor em Mineração, Escola SENAI Catalão, Departamento de Mineração, Catalão/GO, Brasil e aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás, Catalão/GO, Brasil

4 Professora da Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas, Catalão/GO, Brasil

\* **email: [diegohmaya@gmail.com](mailto:diegohmaya@gmail.com)**

---

**Resumo:** Um dos objetivos do uso de softwares em conjunto com as técnicas laboratoriais de caracterização mineral é facilitar e acelerar as operações e ainda, em muitos casos, tornar a análise mais minuciosa. O software de domínio público ImageJ foi utilizado neste trabalho como ferramenta para a automação dos processos do método de Gaudin, aproveitando as técnicas de processamento e análise de imagem, com o emprego de plugins e aplicação de filtros para a realização de uma contagem de grãos automatizada, visando a determinação do grau de liberação. Verificou-se também a eficiência da análise de imagem para a determinação de parâmetros como diâmetro aparente e esfericidade de grãos em amostras de diferentes faixas granulométricas de apatita, com o objetivo de realizar uma análise mais detalhada de cada faixa granulométrica. Os resultados evidenciaram que quanto menor o tamanho dos grãos, maior o grau de liberação, e, também, que a distribuição de tamanho dos grãos dentro de cada faixa granulométrica se comporta próxima à de uma distribuição gaussiana.

**Palavras-chave:** Grau de liberação; análise de imagem digital; ImageJ

---

## **1. Introdução**

Os minérios de fosfato são rochas naturais que se formam em ambientes geológicos variados, sendo os mais comuns os fosfatos de cálcio do grupo da apatita. Quando em quantidade e concentração suficientes, formam depósitos de valor econômico. Estes minérios podem ser utilizados diretamente, ou após beneficiamento, na manufatura de produtos comerciais. Sua principal aplicação é na agricultura, como fertilizante.

Uma característica importante no tratamento de qualquer mineral é o seu grau de liberação. O grau de liberação, ou espectro de liberação, nada mais é do que a distribuição de composições de partículas em uma população (SCHNEIDER et al., 2010).

Na maioria dos minérios várias fases estarão presentes, e pelo menos, uma fase terá valor econômico e uma outra fase constituirá ganga. Partículas que contém apenas uma fase são chamadas partículas liberadas. Todas as outras partículas que contém mais do que uma fase são chamadas partículas compostas ou não liberadas. A eficiência da recuperação do mineral de interesse na usina depende do seu grau de liberação.

Medir o espectro de liberação não é tarefa fácil, senão esta medida seria praxe em qualquer planta de processamento de minérios. Existem métodos diretos e indiretos para a determinação do grau de liberação. A técnica usada tradicionalmente, por ser de fácil aplicação, é a do fracionamento em líquidos densos. Infelizmente, líquidos densos não podem ser usados com eficiência no fracionamento de minérios que têm densidades de fases de interesse e de ganga muito similares, como no caso da apatita.

Em substituição à técnica de líquido denso, tem-se o método de Gaudin. Este método consiste em identificar o mineral do qual se quer determinar o grau de liberação e contar todas as partículas liberadas e mistas desse mineral em uma amostra. O procedimento é repetido para as faixas granulométricas de interesse, obtendo-se o grau de liberação para cada uma delas. Só é possível aplicar o método quando a cor do mineral de interesse difere-se da ganga. Apesar de simples, o método de Gaudin pode exibir resultados bastante confiáveis. Porém, a contagem das partículas no procedimento requer uma grande demanda de tempo, por ser totalmente manual.

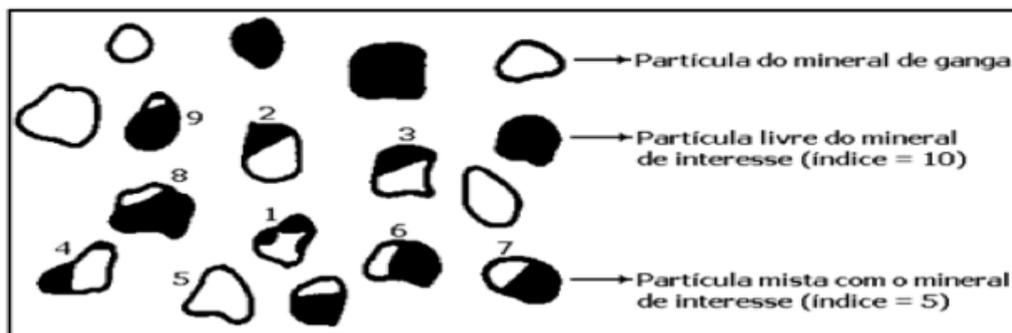


Figura 1 - Um exemplo de matriz de partículas mistas e livres usadas no cálculo do grau de liberação (GAUDIN, 1939 apud LUZ et al 2010).

As técnicas de caracterização combinadas com microscopia óptica são bastante usadas, pois permitem uma análise de amostras em grãos sem a necessidade de montar seções polidas ou delgadas, ao contrário da Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). O MEV, por ser um equipamento de alto custo e exigir um tratamento das amostras com polimentos e recobrimento com carbono grafite pode inviabilizar as análises quando não se quer uma precisão tão grande.

Utilização de técnicas de PADI para a caracterização de materiais permite a automação de processos, de modo que, a partir de uma amostra representativa e adequadamente preparada, ou de uma imagem digital desta, consiga através de poucos passos em um computador fornecer o resultado da análise requerente. Rotinas de PADI podem seguir uma sequência padrão de etapas para cada tipo de análise e de amostras ou imagens digitais.

Segundo Gomes (2001), o Processamento Digital de Imagens (PDI) é uma técnica que se utiliza de operações matemáticas para alterar os valores dos pixels de uma imagem digital, modificando-a, para facilitar sua visualização, ou para preparar a imagem para ser analisada pelo próprio computador (Análise Digital de Imagens).

A Análise Digital de Imagens (ADI) consiste na extração e tratamento de dados quantitativos de imagens digitais. Através de ADI pode-se realizar medições mais rápidas, precisas e acuradas, possibilitando ainda a realização de medidas impossíveis de se executar manualmente (GOMES, 2001). Neste trabalho foi usado o termo Processamento e Análise de Imagens Digitais (PADI) para designar ambas técnicas, PDI e ADI, pois na maioria dos casos estas técnicas são relacionadas em conjunto.

Alguns softwares permitem realizar análises matemáticas de imagens digitais determinando parâmetros geométricos das partículas. O ImageJ é um software para processamento e análise de imagens, desenvolvido por Wayne Rasband no National Institute of Mental Health (NIMH), USA, em linguagem Java. Com este software é possível exibir, editar, analisar, processar, salvar e imprimir imagens de 8, 16, 32 e 48 bits. Permite o processamento de diversos formatos de imagem como TIFF, GIF, JPEG, BMP, DICOM e FITS. Suporta a técnica de empilhamento de imagens, isto é, uma série de imagens que compartilham uma única janela para animações. Além disso, a leitura de um arquivo de imagem pode ser feita paralelamente a outras operações. A janela contendo os resultados (área, perímetro, orientação etc) permite que estes sejam exportados para um arquivo, como por exemplo, no formato XLS (Microsoft Excel) (RASBAND, 2011 apud ALBUQUERQUE, 2012).

Este trabalho tem o propósito de unir as técnicas laboratoriais de caracterização mineral em conjunto com técnicas de processamento e análise de imagem, utilizando um software livre para a simplificação do método de Gaudin visando a determinação do grau de liberação, também, a verificação da distribuição de tamanho dos grãos em cada faixa granulométrica de forma eficiente e com menor custo, utilizando a apatita de Catalão/GO para a validação das análises. Foram publicados trabalhos com uso de softwares pagos como em Mantilla (2013) e, também, Albuquerque (2012) utilizando microscopia eletrônica para análise de partículas de magnetita em escala nanométrica.

## **2. Materiais e métodos**

As amostras de apatita foram oriundas da usina da mineradora Anglo American Fosfatos Brasil pertencente ao grupo Anglo American Brasil. Estas amostras foram retiradas do overflow dos hidrociclones de deslamagem, processo subsequente à moagem primária, realizada por moinho de bolas. As amostras seguiram para o processo de preparação para análise descrito a seguir.

### **2.1. Peneiramento, Filtragem e Secagem**

Primeiramente, as amostras foram peneiradas a úmido utilizando um peneirador vibratório suspenso da marca Engendrar, com uma série de peneiras Tyler de 48#, 65#, 100#, 150#, 200#, 325#. O tempo de peneiramento foi mantido constante e igual a 15 minutos.

A metodologia utilizada no peneiramento laboratorial a úmido foi descrita por Sampaio e Silva (2007). Segundo os autores a amostra deve ser inicialmente empalpada, seguida da sua dispersão feita com uma percentagem de sólidos na faixa de 40 a 50%. A etapa de dispersão consiste em realizar a atrição da polpa em um condicionador de polpa, operando com rotação da ordem de 1.200 RPM, com tempo de atrição da ordem de 10 min, dependendo do caso.

A polpa a ser peneirada foi condicionada utilizando-se um agitador mecânico, com tempo de agitação de 10 minutos. A porcentagem de sólidos não foi controlada uma vez que durante o peneiramento a úmido adiciona-se mais água à polpa durante o peneiramento da mesma.

Na etapa seguinte, todas as frações retidas nas peneiras foram removidas secas utilizando papel filtro e bomba de vácuo. Após a secagem as frações retidas foram secas em estufa com temperatura não superior a 150° C. Finalmente, foram realizadas as pesagens de cada fração retida, para o cálculo da distribuição granulométrica.

### **2.2. Aquisição de Imagens e Análise de Imagens**

Após a secagem, seguiu-se com as amostras para a aquisição de imagens utilizando um sistema avançado de câmera digital acoplado a um estereomicroscópio da marca Laborana, modelo SD5000. Foram adquiridas diversas imagens de cada amostra afim de garantir um mínimo de imagens representativas com resolução e contraste adequados para o processo de análise de imagem.

Com as imagens adquiridas, o software ImageJ foi aplicado em todas as etapas envolvendo processamento e análise das imagens. As imagens receberam um pré-tratamento, utilizando operações de ajuste de contraste e nitidez, além de alinhamento e corte.

Para a determinação da granulometria e esfericidade dos grãos das amostras, é preciso o uso de alguns processos de segmentação e filtros de limiarização (threshold). A aplicação de filtros requer cuidado, pois um exagero pode acrescentar ruídos que interferem na medição dos parâmetros.

A aplicação da segmentação por threshold foi necessária para o cálculo da geometria dos grãos, diferenciando-os do fundo. A operação watershed criou uma divisão entre bordas de grãos sobrepostos, corrigindo o erro de agrupamento de grãos.

A partir desse processo foi possível fazer a contagem e determinação do diâmetro e esfericidade dos grãos. Para um melhor resultado aplicou-se outras operações de threshold para diminuir o efeito das sombras. Após as operações de threshold foi possível detectar as bordas dos grãos e realizar a análise da imagem.

### 2.3. Cálculo do Grau de Liberação

Para realizar a contagem manual dos grãos objetivando o cálculo do grau de liberação utilizou-se o plugin Cell Counter do software ImageJ. Com a imagem ajustada em contraste e brilho adequados, onde os grãos estão diferenciados do fundo, empregando o plugin foi possível fazer a contagem manual dos grãos separando-os em categorias de acordo com a sua característica. Após a contagem de grãos em cada faixa granulométrica realizou-se o cálculo do grau de liberação do mineral.

Para a determinação do grau de liberação, através do método de Gaudin, foi realizada a contagem aleatória de um mínimo de 90 grãos em cada faixa granulométrica, de acordo com a metodologia descrita por Schneider et al. (2012), contando separadamente grãos mistos e grãos liberados.

Como visto na tabela 1, foi admitido que os grãos considerados não liberados são os grãos que apresentaram uma área menor que 90% da sua área total composta por somente uma fase mineral. Os grãos considerados totalmente liberados são os grãos

<b>Tipo</b>	<b>Área do grão composta somente por uma fase mineral</b>
Grão totalmente liberado	90% ou maior
Grão não liberado	Abaixo de 90%

que contém 90% ou mais da sua área total preenchida somente por uma fase mineral.

Após a contagem dos grãos aplicou-se a fórmula matemática (2) que é uma variação da seguinte fórmula matemática (1) para os cálculos percentuais da liberação:

$$\text{Grau de liberação} = \frac{\text{índice de liberação das partículas livres}}{\text{índice de liberação das partículas livres + mistas}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{Grau de liberação} = \frac{\text{partículas livres}}{\text{partículas livres + mistas}} \times 100 \quad (2)$$

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1. Análise Granulométrica

Realizou-se análise de cada faixa granulométrica verificando o comportamento da distribuição do tamanho dos grãos. Para tal estudo, fez-se a identificação dos grãos como metodologia descrita acima. A sequência de imagens na figura 5 foi gerada na análise granulométrica de uma das fotografias utilizadas para a malha 48#. As análises de todas as outras malhas granulométricas seguem este mesmo padrão.



Figura 2 - Sequência padrão da análise granulométrica. Pré-tratamento; Aplicação do threshold; Analisador de diâmetro.

Alguns grãos transparentes se confundiram com o background e não foram reconhecidos durante a limiarização devido à similaridade de cores. Os resultados gerados pelo ImageJ das análises de todas as imagens, de cada faixa granulométrica, foram reunidos para a confecção dos gráficos apresentados a seguir.

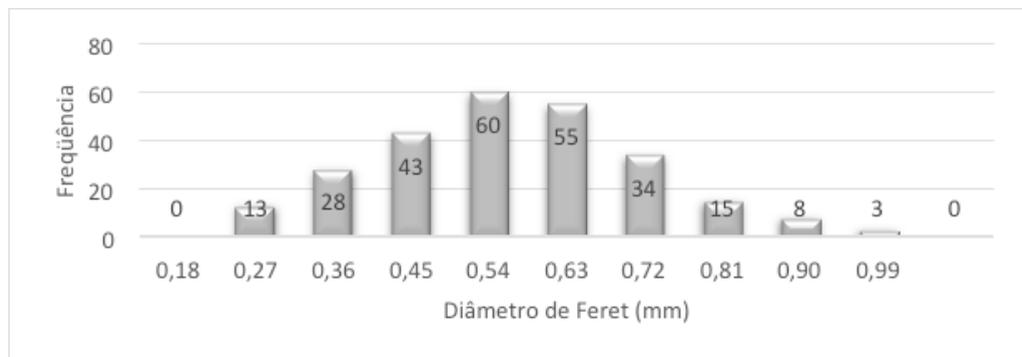


Gráfico 1 - Análise Granulométrica da malha de 48# (0,297 mm).

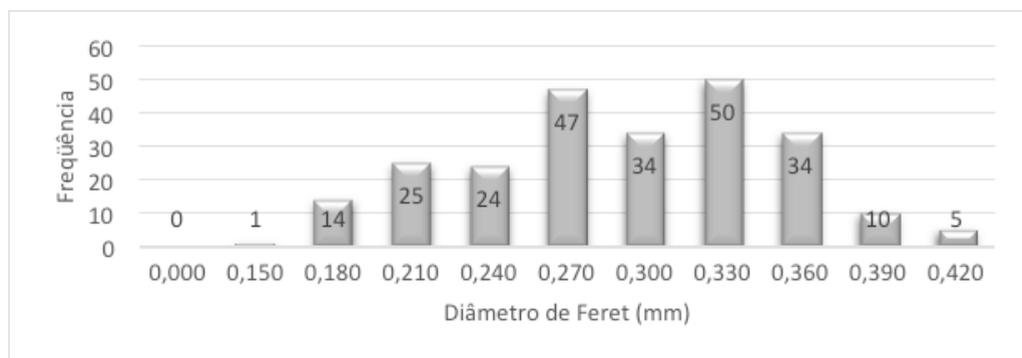


Gráfico 2 - Análise granulométrica da malha de 65# (0,210 mm).

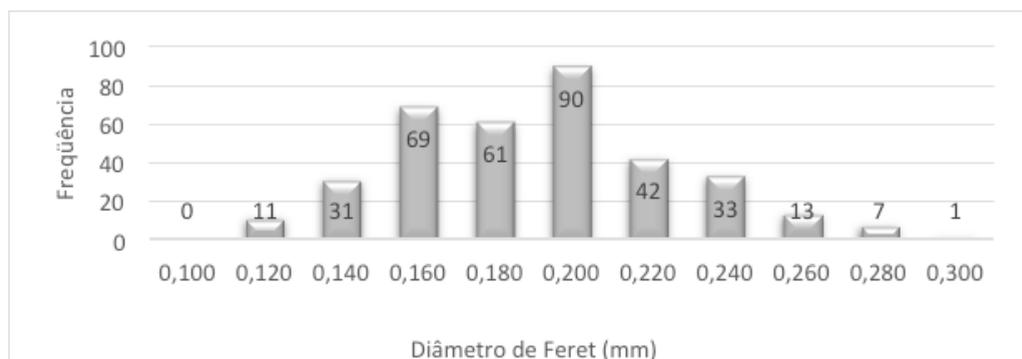


Gráfico 3 - Análise granulométrica da malha de 100# (0,149 mm)

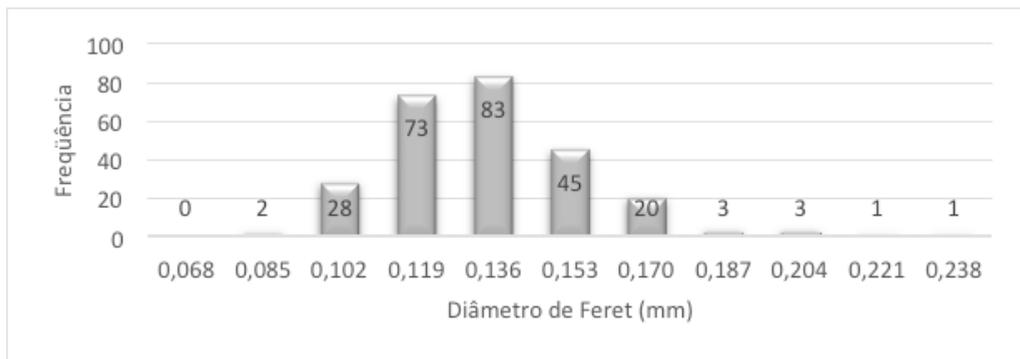


Gráfico 4 - Análise granulométrica da malha de 150# (0,105 mm).

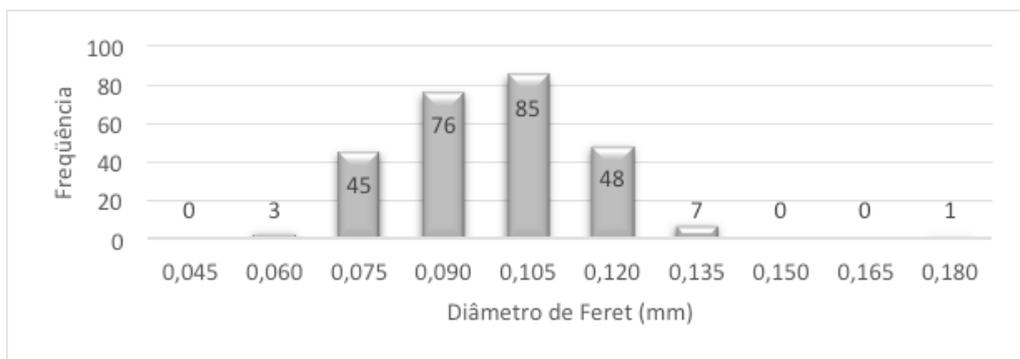


Gráfico 5 - Análise granulométrica da malha de 200# (0,074 mm).

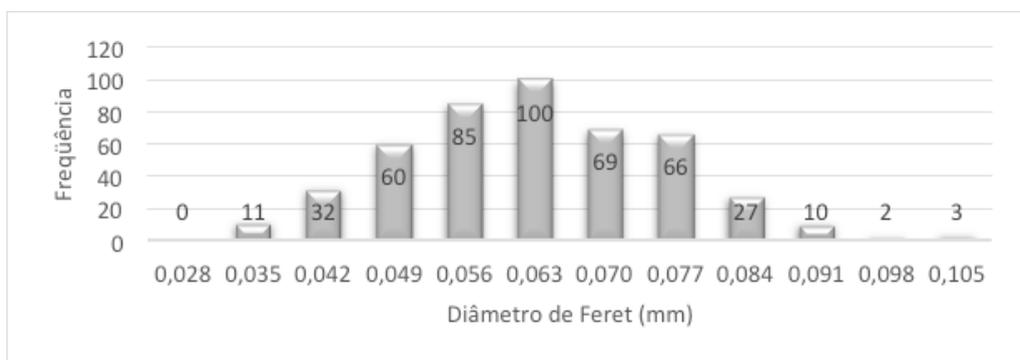


Gráfico 6 - Análise granulométrica da malha de 325# (0,044 mm).

De acordo com os gráficos acima, exibindo a distribuição granulométrica através do diâmetro de Feret dos grãos da amostra, pode-se observar que os tamanhos dos grãos não respeitam totalmente a faixa granulométrica correspondente, alguns grãos extrapolam e outros ficam aquém do tamanho teórico que as faixas deveriam classificar.

A sobreposição de grãos e a sombra causada pela falta de iluminação adequada do equipamento utilizado pode ter influenciado na análise granulométrica. Porém, observa-se que a distribuição dos tamanhos dos grãos segue uma distribuição gaussiana, onde a grande maioria dos grãos corresponde à faixa granulométrica pertencente, sendo possível afirmar que a análise de imagem é eficiente na determinação dos tamanhos dos grãos dentro das faixas granulométricas.

### **3.2. Determinação do Grau de Liberação**

Para a determinação do grau de liberação realizou-se a automação deste método, utilizando para tal fim o processamento e análise de imagem digital. Através do software ImageJ com o uso do plugin Cell Counter foi possível contabilizar de maneira rápida um mínimo de 90 grãos, de acordo com Schneider (2012), requeridos para realizar a análise pelo método de Gaudin.

Observou-se nas imagens que a amostra contém quatro tipos de grãos que se diferenciam pela cor: Apatita (cor marrom rosada); Magnetita (cor preta); Quartzo (transparente) e Vermiculita com brilho vítreo dourado e em formato de micas.

Considerou-se que os grãos com 90% ou mais da sua área contendo somente uma fase mineral são totalmente liberados. Grãos que não se encaixam nessa característica foram classificados como não liberados. Em cada imagem analisada foram contadas diferentes quantidades de grãos aleatoriamente. Os processos em todas as imagens seguiram o mesmo padrão.

No gráfico abaixo observa-se que a quantidade em proporção de grãos não liberados decrescem com a diminuição da malha, seguindo a lógica da teoria de liberação de partículas minerais descrita por Gaudin (1939, apud WILLS, 2006) e Barbery (1992). Nas malhas de 200# e 325# a quantidade em proporção de grãos não liberados são praticamente iguais. A quantidade proporcional de grãos de apatita liberada aumenta até a malha de 100#, quando decresce de forma quase constante até a malha granulométrica de 325#. As quantidades em proporção de grãos liberados de vermiculita permanecem quase constantes. Observa-se que na faixa granulométrica de 200# a sua quantidade proporcional é maior em relação às demais faixas granulométricas.

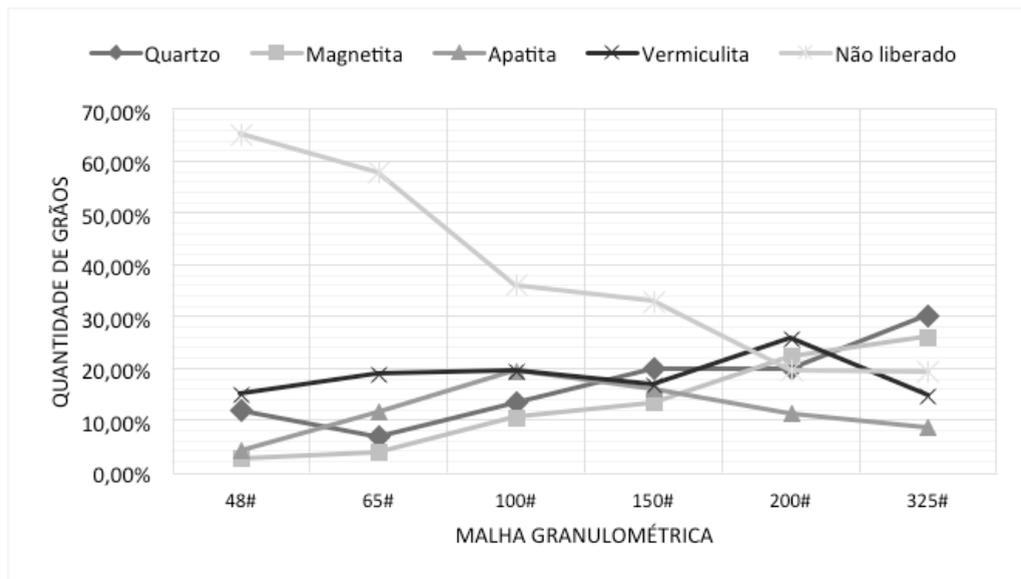


Gráfico 7 - Espectro de liberação com a contagem de diferentes tipos de grãos presentes na amostra.

As distribuições de grãos de quartzo e magnetita liberados se comportam de forma semelhante. As quantidades de ambos crescem de forma quase constante com a diminuição da faixa granulométrica, nota-se somente um pequeno decréscimo em quantidade de grãos liberados de quartzo presentes na faixa granulométrica de 48# em relação à faixa de 65#.

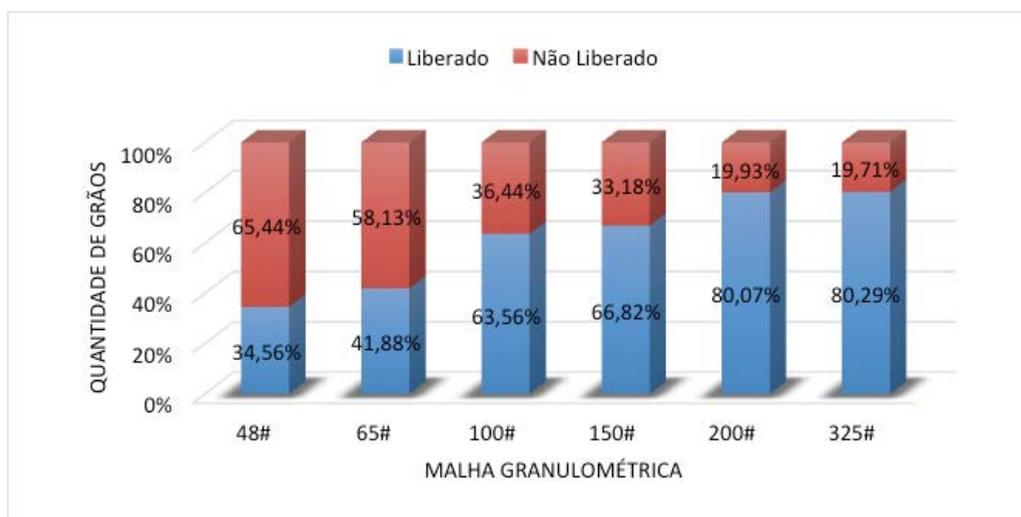


Gráfico 8 - Espectro de liberação com quantidades proporcionais de grãos liberados e não liberados.

Com relação ao gráfico acima, onde exibe-se as quantidades proporcionais de grãos liberados e grãos não liberados, nota-se que a quantidade de grãos não liberados é maior até a faixa de 65#, chegando a mais de 55% de grãos não liberados. Na malha de 48# observa-se aproximadamente 60% de grãos não liberados. Na menor malha, 325#, verifica-se uma quantidade de mais de 80% de grãos liberados. Lembrando que neste gráfico os grãos liberados estão todos reunidos e contabilizados em uma única categoria.

Nas faixas granulométricas de 200# e 325# observa-se que a proporção de grãos liberados se mantém constante em aproximadamente 80%. Pode-se concluir que o grau de liberação ideal dessa amostra estaria na faixa granulométrica de 200#, ou seja, entre 0,044 à 0,074 mm de diâmetro.

## **4. Conclusões**

conforme objetivos propostos neste trabalho e após as análises realizadas, conclui-se que a automação do método de Gaudin foi devidamente realizada, sendo possível a contagem dos grãos de forma mais rápida e com maior facilidade, permitindo assim determinar o grau de liberação. O grau de liberação dos grãos correspondeu a lógica de que quanto menor o grão mais liberado ele estará.

Além disso foi possível a mensuração do tamanho dos grãos, propiciando uma análise mais detalhada da distribuição dos grãos dentro de uma faixa granulométrica. Verificou-se que em algumas análises, devido a fatores como iluminação e qualidade de imagem adquirida, os grãos extrapolaram ou ficaram aquém dos limites das faixas granulométricas.

Portanto, os resultados mostraram que é perfeitamente possível a utilização da análise de imagem com o uso da ferramenta ImageJ em conjunto com os métodos de caracterização mineral com o intuito de baratear custos e dar maior velocidade aos ensaios laboratoriais, servindo também como dado comparativo, pois os resultados são bastante confiáveis. Ajustes no sistema de captura de imagem podem trazer resultados ainda mais válidos.

---

## CHARACTERIZATION GRAIN AND AUTOMATION GAUDIN METHOD THROUGH IMAGE ANALYSIS USING IMAGEJ.

**Abstract:** One goal of the use of any software in conjunction with laboratory techniques for mineral characterization is to facilitate and accelerate operations and, for many cases, make the detailed analysis. The public domain software ImageJ has been used in this paper as a tool for automation of the Gaudin's method processes, employing the techniques of image processing and analysis and also the use of plugins and applying filters to conduct a count of automated grain in order to determine the degree of liberation. Was verify also the efficiency of image analysis for the determination of parameters such as apparent diameter and sphericity of grains in samples of different particle sizes of apatite, in order to perform a more detailed analysis of each particle size range. The results showed that the smaller the grain size, the greater the degree of liberation, and also, that the size distribution of grains within each particle size range behaves close to a Gaussian distribution.

**Keywords:** degree of liberation; digital image analysis; ImageJ.

---

## Referências bibliográficas

ALBUQUERQUE, M. P. et al.. **ImageJ como ferramenta para medida da área de partículas de magnetita em três escalas manométricas.** In: 2º Congresso de Engenharia e Tecnologia - CET, Goiânia, 2012.

BARBERY, G.. Liberation 1, 2, 3: **Theoretical analysis of the effect of space dimension on mineral liberation by size reduction.** In: Minerals Engineering, Quebec, v. 5, n. 2, pp. 123 – 141, 1992.

GOMES, O. F. M.. **Processamento e Análise de Imagens Aplicados à Caracterização Automática de Materiais.** 2001. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Metalúrgica) – Departamento de Ciências de Materiais e Metalurgia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

LUZ, A. B. et al.. **Tratamento de Minérios.** 5ª Ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

SAMPAIO, J.A., SILVA, F.A.N.G. **Determinação das densidades de sólido e de polpa.** In: SAMPAIO, J.A., FRANÇA, S.C.A., BRAGA, P.F.A. (Eds.) Tratamento de minérios: Práticas laboratoriais. Rio de Janeiro: CETEM, 2007, p. 35-51.

SCHNEIDER, C. L. et al.. **Parte II: Caracterização Tecnológica de Minérios.** In: Tratamento de Minérios. 5ª ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010, cap. 3, pp. 85 – 140.

WILLS, B. A. Wills. **Mineral Processing Technology: an introduction to the practical aspects of ore treatment and mineral recovery.** 7. ed. Oxford: Elsevier, 2006. 444 p.

# 8

## CAPÍTULO

# CONCRETO – SUBSTITUIÇÃO DE AREIA DE QUARTZO POR MAGNETITA

**Mendes, Marcos Vinicius Agapito 1 \*;**

**Silva, André Carlos 2;**

**Silva, Elenice Maria Schons 3;**

**Barbosa, Diego Henrique Braga Maya 4**

1 Instrutor em Mineração, Escola SENAI Catalão, Departamento de Mineração, Catalão/GO, Brasil e aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás, Catalão/GO,

2 Dr. Professor da Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas, Catalão/GO, Brasil.

3 Professora da Universidade Federal de Goiás, Departamento de Engenharia de Minas, Catalão/GO, Brasil.

5 Instrutor em Mineração, Escola SENAI Catalão, Departamento de Mineração, Catalão/GO, Brasil e aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional, Universidade Federal de Goiás, Catalão/GO, Brasil.

**\* email: [marcos.vinicius.agapito@gmail.com](mailto:marcos.vinicius.agapito@gmail.com)**

---

**Resumo:** O concreto é um material muito utilizado atualmente e em grandes escalas. É composto basicamente por agregado miúdo (areia), agregado graúdo (brita), cimento Portland e água. A extração de areia de leito de rios para utilização na construção civil é na maior parte das vezes uma atividade que ocorre de forma ilegal, gerando impactos ambientais consideráveis tais como assoreamento do leito de rios, desmatamento e contaminação dos recursos hídricos com óleos e graxas. O processamento de rocha fosfática em Catalão/GO gera cerca de 230 t/h de rejeitos de magnetita, o que representa 30% da alimentação da planta. Este material é descartado na barragem de rejeitos. Assim, a substituição do agregado miúdo por magnetita na composição do concreto pode significar diminuição de impactos ambientais gerados pelo processamento de rocha fosfática e na extração de areia de leito de rios, além de gerar um possível incremento na resistência mecânica do concreto. Foram realizados ensaios de compressão axial de corpos de prova formulados com 5 e 10% de magnetita em substituição do agregado miúdo.

**Palavras-chave:** Dosagem; Magnetita; Resistência Mecânica

---

Mendes, Marcos Vinicius Agapito; Silva, André Carlos; Silva, Elenice Maria Schons; Barbosa, Diego Henrique Braga Maya. "CONCRETO – SUBSTITUIÇÃO DE AREIA DE QUARTZO POR MAGNETITA", p.70-81. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3302>

## **1. Introdução**

A indústria mineral é um ramo da economia que teve um crescimento considerável nos últimos anos. Assim, o mercado tornou-se extremamente competitivo e questões relacionadas a redução de custos são essenciais neste momento. Logo, as empresas buscam ao máximo reduzir custos para estarem entre as mais competitivas e se manterem atuantes no mercado. Diante deste cenário, as empresas estão buscando o aproveitamento de materiais que até então eram descartados.

Considerando o setor de construção civil, há uma série de estudos que buscam encontrar materiais alternativos que substituam os componentes do concreto em sua formulação. Tal fato permitiria uma diminuição dos custos de produção e forneceria melhorias em certas características deste produto. Além disso, proporcionaria uma

redução dos impactos ambientais gerados pelo descarte destes materiais alternativos.

Em Catalão/GO o processamento de rocha fosfática é responsável pelo descarte de aproximadamente 230 t/h de magnetita em barragens de rejeito, material sem fins lucrativos neste processo (rejeito). Esta quantidade representa 30% da alimentação da planta. Seu descarte em barragens gera passivos ambientais consideráveis para a empresa devido a necessidade de monitoramento constante, mesmo após a desativação do empreendimento mineiro.

Assim, a utilização de magnetita como material alternativo na composição do concreto pode significar a diminuição dos passivos ambientais gerados pelo processamento de rocha fosfática, além de proporcionar uma possível renda extra com a comercialização de um co-produto. Considerando a produção de concreto, pode proporcionar ganhos importantes de resistência mecânica, fator fundamental em uma obra.

Segundo Rodrigues e Fucale (2014), o ramo de construção civil é um dos maiores consumidores de recursos naturais de qualquer economia e a exploração de agregado miúdo cresceu de forma considerável ultimamente, trazendo consigo um aumento dos impactos ambientais. Logo, materiais alternativos como a magnetita, que buscam a substituição deste agregado, pode ser muito eficiente para diminuir a dependência deste insumo, que na maior parte dos casos, principalmente no sudeste goiano, é extraído de leitos de rios, gerando impactos ambientais como o assoreamento, desmatamento e contaminação dos recursos hídricos com óleos e graxas.

O problema deste estudo consiste em buscar alternativas para o rejeito magnético gerado pelo processamento de rocha fosfática na região de Catalão/GO. O objetivo consiste em reduzir impactos ambientais consideráveis causados por dois ramos da economia brasileira extremamente importantes (mineração e construção civil), além de influenciar na competitividade de empresas do setor mineral com a inserção de um co-produto em sua receita e aumentar consideravelmente as características de resistência mecânica de concretos.

O concreto simples é resultante da mistura de agregados miúdos (normalmente areia proveniente da extração em rios), agregados graúdos (brita), cimento Portland e água. Assim, a dosagem destes componentes de forma correta é extremamente importante e garante que as características finais necessárias ao concreto serão atingidas. Além disso, evita o desperdício de materiais que se tornam cada vez mais escassos e caros.

A dosagem pode ser representada pelo traço, que consiste na relação entre os componentes tomando como referência o cimento. Pode ser obtido com relação ao volume ou a massa. Existem vários métodos de dosagem que levam a obtenção de traços otimizados, que buscam a dosagem consciente dos materiais e a otimização das características finais do concreto. Especialmente neste trabalho foi utilizado o método de dosagem proposto pela Associação Brasileira

de Cimento Portland (ABCP), descrito de forma concisa por Assunção (2002).

Mendes (2014) menciona a importância da trabalhabilidade, uma característica do concreto no estado fresco. Consiste basicamente na facilidade de lançamento com ausência de segregação, podendo ser mensurada por meio do ensaio de slump test ou abatimento do tronco de cone. Assim, a trabalhabilidade é muito importante na produção de concreto e deve ser controlada, garantindo que as especificações de projeto sejam atingidas.

A resistência à compressão do concreto, ao contrário da trabalhabilidade, é uma característica do concreto no estado endurecido. Normalmente é utilizada como parâmetro para a avaliação da durabilidade do mesmo. Devido a simplicidade de sua execução é aceita universalmente como parâmetro para a avaliação da qualidade do concreto (MENDES, 2014).

Em qualquer projeto de construção civil a resistência mecânica é muito importante. Normalmente, durante a elaboração do projeto, utiliza-se uma margem de erro que evita possíveis falhas durante a execução da obra. Assim, a norma NBR 12655 (1996) estabelece que a resistência utilizada para a dosagem de concretos deve ser acrescida de um desvio padrão que dependerá das condições de preparo do mesmo. Portanto, têm-se uma resistência característica ( $F_{ck}$ ) (idealizada pelo projetista da obra) e uma resistência média do concreto à compressão ( $F_{cj}$ ), que considera a primeira e um desvio padrão. Tal fato garante que mesmo devido a influências no processo de produção do concreto, a resistência à compressão estará dentro da margem de erro e acima do idealizado pelo projetista.

Um fato interessante acontece com a resistência à compressão dos corpos de prova a medida que a maturidade aumenta. Normalmente são modelados para ruptura com 7, 14, 21 e 28 dias de cura, sendo este último período o ponto em que realmente será atingida a resistência para que foram projetados. Logo, a partir do momento em que são modelados, os corpos de prova ganham resistência mecânica de acordo com o aumento de sua maturidade. Este fato fica claro no Gráfico 1 apresentado abaixo.

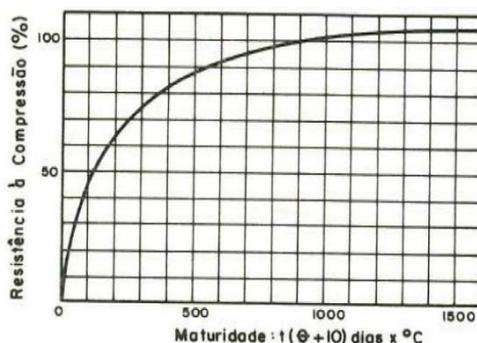


Gráfico 1 - Relação entre resistência à compressão (porcentagem da resistência aos 28 dias) e maturidade (Fonte: adaptado de Rodrigues, 1983).

Portanto, este trabalho se resume a substituição do agregado miúdo (areia) por magnetita na composição do concreto buscando ganhos de resistência mecânica. Esta substituição aconteceu de forma parcial. Foram elaborados corpos de prova com 5 e 10% de substituição. Amostras de referência também foram preparadas. A resistência a compressão projetada (característica) para as amostras foi de 10 MPa.

## **2. Materiais e métodos**

O peneiramento de magnetita se fez necessário devido a necessidade de colocar os dois materiais (areia e magnetita) com a mesma distribuição granulométrica, buscando manter todas as características fixas, modificando somente a natureza do material utilizado como agregado miúdo. Logo, o peneiramento foi realizado com uma série de malhas e posteriormente foi realizada uma composição da magnetita com a mesma distribuição granulométrica da areia utilizada para formulação de corpos de prova de referência.

O traço foi obtido por meio do método da Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e permitiu a dosagem otimizada dos materiais para obter uma resistência final aos 28 dias de 10 MPa. Este último dado se refere a resistência característica do concreto à compressão (NBR 12655, 1996).

O módulo de finura do agregado miúdo é um dado importante e utilizado no cálculo do traço do concreto, sendo obtido com as malhas de peneiras da série normal de acordo com o descrito na NBR 7211 (2009). Além disso, as densidades dos materiais necessárias ao cálculo também foram obtidas por meio de picnometria.

Com o traço definido, todos os materiais foram dosados de forma minuciosa com o auxílio de uma balança de precisão e a modelagem dos corpos de prova iniciada segundo a NBR 5738 (2003).

No primeiro instante, foi necessária a realização de uma imprimação de eixo inclinado da betoneira, o que permitiria uma correta mistura dos materiais dosados sem perda dos mesmos pela adsorção na superfície interna do tambor. A betoneira de laboratório CSM (150 L) recebeu uma pequena quantidade de areia, cimento e água nas mesmas proporções definidas no traço. A mistura destes materiais atingiu toda a superfície interna do tambor devido sua inclinação em vários ângulos. Tal fato permite que o material utilizado para recobrir a superfície interna do tambor não seja proveniente dos materiais dosados que serão utilizados na modelagem dos corpos de prova e conseqüentemente cause uma redução do volume disponível.

Os materiais dosados foram então colocados na betoneira de forma parcial, procedendo-se o amassamento da mistura por cerca de aproximadamente 5 minutos após a adição de água. Eventualmente, tal procedimento era

paralisado e com o auxílio de uma colher de pedreiro o material grudado na superfície interna do tambor era removido e direcionado novamente a mistura.

Após a conclusão do amassamento fez-se necessário a realização do ensaio de abatimento do tronco de cone para verificar se a trabalhabilidade da mistura atendia o que foi definido inicialmente ( $70 \pm 10$  mm), sendo realizado de acordo com o descrito na norma NM 67 (1996). Logo, foram utilizados neste ensaio um molde em forma de tronco de cone, uma base, um funil, uma concha e uma haste para proceder o adensamento do material, ambos previamente recobertos com uma fina camada de óleo vegetal para evitar a adsorção da mistura à superfície.

Com o tronco de cone posicionado sobre a base e devidamente apoiado com os pés a mistura proveniente do amassamento foi adicionada com uma concha, auxiliada pelo funil, em três camadas aproximadamente iguais, sendo cada uma socada com 25 golpes utilizando a haste. Finalizando-se este procedimento, a superfície do tronco de cone foi acertada e a fôrma retirada, sendo o abatimento da mistura medido utilizando-se uma régua milimetrada (Figura 1).



Figura 1 - Medida do abatimento do tronco de cone com o auxílio de uma régua milimetrada (Fonte: Autoria própria).

Quando o abatimento do tronco especificado inicialmente fosse atingido a modelagem dos corpos de prova era iniciada. No entanto, quando tal fato não se concretizasse era necessária sua adequação, sendo adicionada água em caso de resultados menores e cimento para aqueles que fossem maiores que o definido inicialmente.

Com o abatimento requerido atingido a modelagem dos corpos de prova foi iniciada. Logo, foram utilizadas fôrmas cilíndricas de 20 cm de altura por 10 cm de

diâmetro, também recobertas por uma fina camada de óleo vegetal. A mistura foi adicionada as fôrmas em duas camadas mais ou menos uniformes, cada uma socada com 12 golpes (NBR 5738, 2003). A superfície da fôrma foi acertada com o auxílio de uma colher de pedreiro (Figura 2).

A mistura resultante do amassamento permaneceu nas fôrmas por 24 horas. Após este período, foi desenformada, dando origem aos corpos de prova. Estes últimos permaneceram em processo de cura, agora submersos em água saturada em cal, até atingirem as idades de ruptura (7, 14 e 21 dias).

Além disso, após serem desenformados, os corpos de prova apresentaram uma superfície irregular em uma de suas bases, resultado do processo de segregação dos materiais. Tal fato teria influência considerável durante o momento de ruptura, pois a pressão poderia ser distribuída de forma irregular ao longo do corpo de prova, mascarando os resultados. Logo, uma etapa de faceamento foi realizada obtendo-se uma superfície lisa e regular.



Figura 2 – Corpos de prova modelados nas fôrmas cilíndricas com suas superfícies acertadas (Fonte: Autoria própria).

Atingidas as idades de cura dos corpos de prova, a ruptura foi realizada com o auxílio de uma prensa hidráulica com leitor analógico de 45 toneladas seguindo o recomendado na norma NBR 5739 (1994) (Figura 3).



Figura 3 – Corpo de prova após ruptura em prensa hidráulica  
(Fonte: Autoria própria).

### 3. Resultados e discussões

a distribuição granulométrica da magnetita e da areia são apresentadas, respectivamente, pelos gráficos 2 e 3 abaixo. Nota-se que são diferentes, evidenciando a necessidade de separação da magnetita em várias malhas de peneiramento para uma posterior composição de acordo com a distribuição granulométrica da areia.

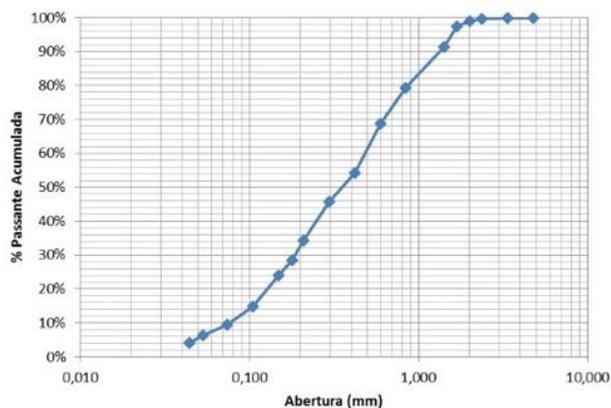


Gráfico 2 – Curva de distribuição granulométrica da magnetita.

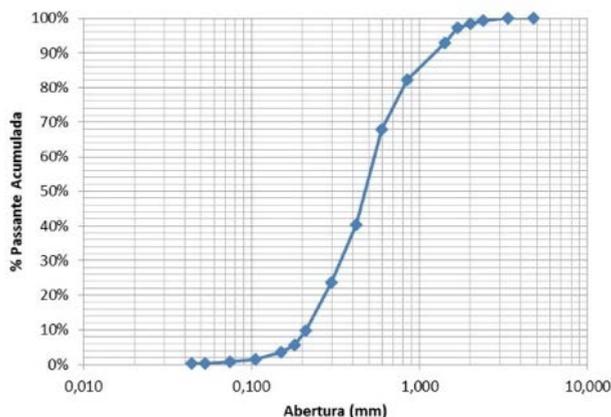


Gráfico 3 – Curva de distribuição granulométrica da areia.

Neste trabalho foi utilizado o cimento Portland CP II – Z – 32 da Ciplan que possui uma resistência aos 28 dias de 32 MPa e massa específica de 2,97 g/cm<sup>3</sup>. A massa específica da areia, brita e magnetita obtida por picnometria são respectivamente 2,6, 2,8 e 4,3 g/cm<sup>3</sup>. O agregado graúdo utilizado foi uma brita 0 e o módulo de finura da areia ficou em 3,1. O traço final obtido para uma resistência característica de 10 MPa está apresentado no Quadro 1 juntamente com o consumo dos componentes.

<b>COMPONENTES</b>	<b>CONSUMO</b>
Cimento	333,33 (Kg/ m <sup>3</sup> )
Agregado Graúdo	757,5 (Kg/ m <sup>3</sup> )
Agregado Miúdo	1025,43 (Kg/ m <sup>3</sup> )
Água	225 (l/m <sup>3</sup> )
<b>Traço</b>	<b>1 : 3,1 : 2,3 : 0,675</b>

Quadro 1 – Consumo de componentes por m<sup>3</sup> e traço obtido.

O Quadro 2 apresenta os resultados de ruptura para os corpos de prova de referência e aqueles com substituição da areia por magnetita. O Quadro 3 apresenta a resistência característica (Fck), isto é, a resistência projetada inicialmente que aumenta de acordo com a maturidade dos corpos de prova.

Quadro 2 – Resultado dos ensaios de ruptura em MPa para diferentes porcentagens de substituição de areia por magnetita.

Dias de Cura	Porcentagem de Magnetita		
	0%	5%	10%
<b>7</b>	7,5	8,8	9,2
<b>14</b>	8,8	9,4	10
<b>21</b>	10,4	11,3	11,9

Dias de Cura	Resistência Característica ( $F_{ck}$ )
<b>7</b>	6,9
<b>14</b>	8,7
<b>21</b>	9,6
<b>28</b>	10

Quadro 3 – Resistência característica ( $F_{ck}$ ) em MPa parcial de acordo com a maturidade dos corpos de prova.

Ao analisar o Gráfico 4 apresentado abaixo nota-se um gradual acréscimo no valor da resistência à compressão dos corpos de prova com o aumento da maturidade, fato explicado pela figura 1 apresentada anteriormente. As amostras ilustram um aumento da resistência à compressão a medida que há um acréscimo na porcentagem de areia substituída por magnetita. Assim, a proposta inicial deste estudo se concretiza por meio dos dados apresentados, isto é, a substituição do agregado miúdo (areia) por magnetita na composição do concreto realmente proporciona ganhos de resistência mecânica interessantes. Além disso, todas as amostras apresentaram resistência à compressão acima da resistência característica ( $F_{ck}$ ). Não foram modeladas amostras para ruptura aos 28 dias. No entanto, analisando a tendência das curvas no gráfico, percebe-se que a resistência em ambas as amostras conseguiria superar a resistência característica de projeto (10 MPa) aos 28 dias de cura.

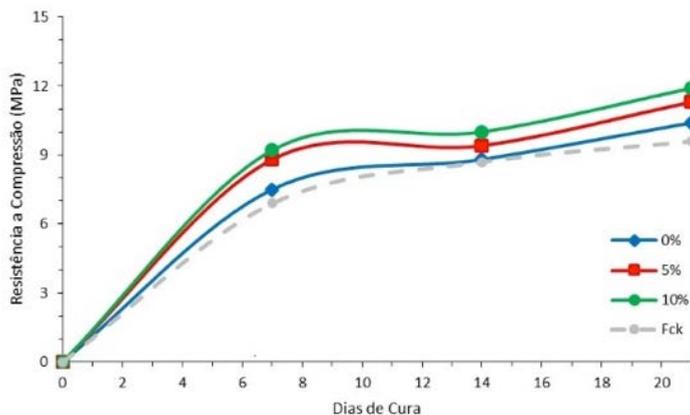


Gráfico 4 – Resultado dos ensaios de ruptura e referência da resistência característica (Fck) definida inicialmente.

## 4. Conclusões

de um modo geral, analisando os dados, a proposta inicial de substituição do agregado miúdo (areia) por magnetita na composição do concreto buscando ganhos de resistência mecânica foi satisfeita. No entanto, ainda se faz necessário vários outros testes no sentido de aumentar a confiabilidade dos dados, tanto no sentido da quantidade de amostras, como na porcentagem de magnetita em substituição da areia utilizada. Além disso, a elaboração de amostras para ruptura aos 28 dias de cura é importante, fato que não foi possível neste trabalho.

Portanto, em trabalhos futuros sobre o assunto será necessário a elaboração de uma quantidade maior de amostras, além de corpos de prova para ruptura com 28 dias. O aumento da proporção de substituição de areia por magnetita é outro ponto importante e que deverá ser realizado. Tal fato, permitirá entender como é o comportamento dos corpos de prova com o aumento da substituição e até que ponto é interessante.

O possível campo magnético causado em construções elaboradas com este tipo de concreto e a radiação devido a presença de elementos radioativos neste material (magnetita) também devem ser estudados. No entanto, são assuntos um tanto complexos que serão abordados em um nível mais avançado.

Assim, com estudos mais detalhados sobre o assunto, o projeto de substituição de areia por magnetita na composição do concreto pode ser tornar futuramente viável, proporcionando a produção de concretos com características de resistência mecânica interessantes, diminuição dos passivos ambientais gerados no processamento de rocha fosfática e impactos ambientais causados pela extração de areia de leitos de rios.

---

## CONCRETE – REPLACEMENT OF QUARTZ SAND BY MAGNETITE

**Abstract:** Concrete is a material widely used currently and in large scales. It is basically composed of fine aggregate (sand), coarse aggregate (gravel), Portland cement and water. The extraction of sand from river beds used to construction industry is in most cases an activity that occurs illegally, generating considerable environmental impacts such as siltation of river beds, deforestation and pollution of water resources with oils and greases. The processing of phosphate rock in Catalão/GO generates about 230 t/h of magnetite tailings, which represents 30% of the plant feed. This material is disposed in the tailings dam. Thus, replacing the fine aggregate of magnetite in composition of concrete can mean reduction of environmental impacts generated by the processing of phosphate rock and sand extraction from river beds, and generate a possible increase in the strength of concrete. Axial compression tests of specimens formulated with 5 and 10% magnetite were performed replacing the fine aggregate.

**Keywords:** Dosage; Magnetite; Mechanical Strength.

---

## Referências bibliográficas

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5738: **CONCRETO: Procedimento para Modelagem e Cura de Corpos-de-Prova**. Rio de Janeiro, 2003, 6p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5739: **CONCRETO: Ensaio de Compressão de Corpos-de-Prova Cilíndricos**. Rio de Janeiro, 1994, 4p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7211: **AGREGADOS PARA CONCRETO: Especificação**. Rio de Janeiro, 2009, 12p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: **CONCRETO: Preparo, Controle e Recebimento**. Rio de Janeiro, 1996, 7p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NM 67: **DETERMINAÇÃO DA CONSISTÊNCIA PELO ABATIMENTO DO TRONCO DE CONE**. Rio de Janeiro, 1996, 11p.

ASSUNÇÃO, J. W.. **Curvas de Dosagem para Concretos Convencionais e Aditivados Confeccionados com Materiais da Região Noroeste do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002, 254p.

MENDES, M. V. A.. **Aproveitamento de Finos de Magnetita Gerados no Processamento de Rocha Fosfática. Monografia (Graduação em Engenharia de Minas)** – Universidade Federal de Goiás, Catalão, Goiás, 2014, 103p.

RODRIGUES, C. R. DE SÁ; FUCALE, S.. **Dosagem de concretos produzidos com agregado miúdo reciclado de resíduo da construção civil.** Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 99-111, jan./mar. 2014.

RODRIGUES, P. P. F.. **Parâmetros da Dosagem Racional do Concreto.** In: **34ª Reunião de Técnicos da Indústria do Cimento.** 1983. Anais.

# 9

## CAPÍTULO

### **UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DA CASTANHA DE MACAÚBA COMO COLETOR NA MICROFLOTAÇÃO DE APATITA**

**Rocha, Tércio William Pereira 1 \*;**  
**Silva, André Carlos 2;**  
**Silva, Elenice Maria Schons 3**

1 Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Gestão Organizacional.  
Universidade Federal de Goiás

2 Professor Adjunto III. Doutor em Engenharia de Materiais. Universidade Federal  
de Goiás

3 Professora Assistente II. Doutoranda em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de  
Mina

\* **email: [terciorocha@hotmail.com](mailto:terciorocha@hotmail.com)**

---

**Resumo:** A macaúba (nome científico *Acrocomia Aculeata*) é uma palmeira típica do cerrado brasileiro de grande interesse socioeconômico por sua alta capacidade para a produção de óleo vegetal com elevados teores de ácidos graxos. O presente trabalho avaliou a viabilidade técnica da utilização do óleo da castanha de macaúba (OCM) como coletor na microflotação de apatita em tubo de Hallimond, sendo o óleo caracterizado quimicamente e saponificado antes de sua aplicação nos ensaios. Foram realizados testes no pH 8, variando-se a concentração do coletor (2,5, 5,0, 7,5 e 10 mg/L). De modo a comparar os resultados com o OCM utilizou-se o coletor Flotigam 5806 da Clariant nas mesmas condições testadas. Os resultados obtidos mostram que o OCMS alcançou maiores recuperações de apatita nas concentrações 7,5 e 10,0 mg/L. Entretanto, quando comparado ao Flotigam 5806, o OCMS não se mostrou competitivo, apresentando recuperações menores em todas as concentrações testadas.

**Palavras-chave:** flotação; óleo da castanha de macaúba; apatita

---

Rocha, Tércio William Pereira; Silva, André Carlos; Silva, Elenice Maria Schons. "UTILIZAÇÃO DO ÓLEO DA CASTANHA DE MACAÚBA COMO COLETOR NA MICROFLOTAÇÃO DE APATITA", p.82-92. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3303>

## **1. Introdução**

Dados do U.S. Geological Survey (USGS) apontam que a produção mundial de fosfato no ano de 2012 foi de 210.000 t, superando a produção de todos os anos anteriores. A China liderou a produção mundial, com 42,4% do total, seguida, em menor escala, por Estados Unidos, Marrocos, Rússia e Brasil. Estes países são responsáveis (juntamente com a Índia e a União Europeia, excluindo o Marrocos) por 70% do consumo mundial de fertilizantes (FONSECA e SILVA, 2013).

Os principais depósitos de fosfatos brasileiros, quando comparados aos da Flórida (Estados Unidos) e do Marrocos (de origem sedimentar), apresentam como diferença básica a presença de ganga carbonática associada à apatita, com teores

médios variando de 5 a 15% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. A maior parte dos minérios de fósforo dessas rochas pertence ao grupo da apatita, representado pela fórmula: Ca<sub>5</sub>(F, Cl, OH)(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> – fosfato cristalino de cálcio com flúor, de cor variável, brilho vítreo, dureza cinco, densidade entre 3,1 a 3,2 g/cm<sup>3</sup>, apresentando fratura conchoidal. Em alguns casos, exibe fluorescência amarela-laranjada e termoluminescência branco-azulada. Quando bem cristalizada pode chegar ao estágio de ser considerada como gema e ser confundida com outros minerais (MONTE e PERES, 2010; SOUZA e FONSECA, 2009).

Para Monte e Peres (2010), a particularidade relacionada à ganga carbonática associada à apatita determinou que fossem definidos esquemas de reagentes específicos, constituindo-se em um dos grandes feitos da engenharia mineral brasileira, o que levou à consagração nacional e internacional do Prof. Paulo Abib Andéry, que desenvolveu o processo de concentração de apatita. Desde então, diversos trabalhos têm sido realizados a fim de se encontrar novos reagentes, principalmente coletores, para a flotação de apatita.

A finalidade básica do coletor é formar seletivamente uma camada hidrofóbica sobre a superfície mineral e, dessa forma, possibilitar condições para a fixação das partículas hidrofobizadas às bolhas de ar e conseqüente recuperação destas partículas na espuma. De acordo com Baltar (2008) os coletores podem ser aniônicos (sulfidrílicos ou oxidrílicos) ou catiônicos (aminas e seus sais). Dentre os oxidrílicos, pode-se destacar a família dos carboxílicos, que contém os ácidos graxos, que apresentam grande destaque na literatura como coletores no processo de flotação. Estes podem ser encontrados em óleos de origem vegetal e animal, por exemplo (BULATOVIC, 2007).

Costa (2012) lembra que, para que possam ser empregados como coletores na flotação mineral, os óleos vegetais necessitam ser convertidos em surfatantes. Geralmente, isto se dá transformando o óleo em uma mistura de sais de ácidos graxos (sabões), através da hidrólise alcalina (saponificação).

O processo de hidrólise alcalina dos óleos, mais conhecido como saponificação, consiste na hidrólise total ou parcial dos triglicerídeos, normalmente em meio aquoso e sob aquecimento (por vezes dispensável), tendo álcali (base) como catalisador. Os produtos resultantes da reação são moléculas de glicerol e a mistura de sais alcalinos de ácidos graxos ou os carboxilatos de sódio (OLIVEIRA, 2005).

Para Abdel-Khalek et al. (2014), os ácidos graxos são os coletores mais usados em flotação direta de minérios de fosfato. Ácidos graxos de cadeias longas e os seus sais são os mais extensivamente utilizados, sobretudo o ácido oleico saponificado (oleato de sódio).

O cerrado brasileiro apresenta uma enorme variedade de espécies vegetais oleaginosas que ainda não foram estudadas. A palmeira da macaúba, típica deste

bioma, pode ser encontrada em extensas áreas do território brasileiro. Esta espécie oferece utilidades em diversas áreas, tais como medicinal, alimentícia, cosmética etc. e tem despertado grande interesse socioeconômico por ser considerada uma das espécies com maior potencial de exploração econômica imediata em solo brasileiro. Tal fato deve-se à sua elevada capacidade de produção de óleo, bem como ao aproveitamento total dos coprodutos gerados. Além disso, seu sistema de cultivo é tido como sustentável do ponto de vista ambiental, social e econômico. A tabela 1 apresenta o perfil de ácidos graxos do óleo da castanha de macaúba (OCM) segundo três autores diferentes. Notam-se os elevados teores de ácidos graxos (sobretudo, ácidos láurico e oleico).

Ácido graxo	Zuppa (2001)	Hiane <i>et al.</i> (2005)	Amaral <i>et al.</i> (2011)
Ácido Caprílico (C8)	7,40	5,96	5,22
Ácido Cáprico (C10)	4,40	1,79	4,56
Ácido Láurico (C12)	39,70	12,95	44,14
Ácido Mirístico (C14)	9,30	9,49	8,45
Ácido Palmítico (C16)	7,60	12,62	6,57
Ácido Palmitoleico (C16:1)	-	2,29	-
Ácido Esteárico (C18)	2,40	6,58	2,11
Ácido Oleico – $\omega$ 9 (C18:1)	25,80	40,17	25,76
Ácido <i>cis</i> 6, <i>cis</i> -9-octadecadienóico	0,70	-	-
Ácido Linoleico – $\omega$ 6 (C18:2)	2,70	5,91	3,19
Ácido Linolênico - $\omega$ 3 (C18:3)	-	1,92	-
Ácido Araquídico (C20)	-	0,30	-

Tabela 1 – Perfil de ácidos graxos da castanha de macaúba.

Guimarães *et al.* (2004) lembram que a crença no potencial coletor superior do ácido oleico remonta ao início da flotação de fosfatos, em que se realizavam estudos para encontrar coletores alternativos ao tall oil.

Diversos estudos têm sido realizados com o intuito de se identificar óleos vegetais que ofereçam novas opções de coletores aos já disponíveis no mercado. Dentre estes pode-se citar o trabalho de Costa (2012), que estudou óleos vegetais da Amazônia na flotação de apatita e calcita. Foram utilizadas a polpa de Buriti, com maior incidência dos ácidos oleico (70,55%) e palmítico (17,44%); a semente de Maracujá, com maior incidência dos ácidos linoleico (48,82%), oleico (28,94%) e palmítico (12,56%); a polpa de Inajá, com maior incidência dos ácidos oleico (49,90%), palmítico (21,27%) e linoleico (9,40%); a Castanha do Pará, com maior incidência dos ácidos oleico (47,02%), palmítico (18,13%), linoleico (15,20%) e esteárico (13,17%); a semente de Andiroba, com maior incidência dos ácidos oleico (51,47%), palmítico (31,28%) e esteárico (10,27%) e a polpa de Açaí, com maior incidência dos ácidos

oleico (61,55%), palmítico (21,75%) e linoleico (7,58%). Os resultados obtidos demonstraram que os óleos vegetais amazônicos representam uma alternativa aos coletores comumente utilizados na indústria mineral, sendo que alguns óleos (Buriti, Inajá, Andiroba e Açaí) atingiram a máxima recuperação de apatita (próximo de 100%) a partir da concentração de 2,5 mg/L.

Alves et al. (2013) realizaram um estudo utilizando o óleo de Babaçu e da semente de Maracujá como coletores na flotação da apatita. O óleo da semente de Maracujá apresentou maior recuperação da apatita na concentração 5,0 mg/L, enquanto que o óleo de Babaçu atingiu os mesmos valores somente na concentração 10,0 mg/L.

O presente trabalho visou avaliar a viabilidade técnica da utilização do OCM como coletor na microflotação de apatita em tubo de Hallimond. Uma vez que este novo reagente de flotação pode ser obtido a partir de fontes sustentáveis, pretendeu-se reduzir custos operacionais, preservar o meio ambiente, além de gerar novas fontes de renda e emprego para produtores deste fruto.

## **2. Materiais e métodos**

As amostras de apatita utilizadas nos testes de microflotação em tubo de Hallimond foram adquiridas em granulometria acima de 1,0 cm e, para a adequação granulométrica das mesmas, estas foram submetidas à moagem em moinho de bolas e peneiramento a úmido. Para a remoção de eventuais contaminações com material magnético na etapa de cominuição as amostras foram submetidas a uma separação magnética utilizando um ímã de terras raras com campo de 2.000 G.

De modo a estimar a pureza das amostras de apatita foi determinada a massa específica das amostras utilizando-se um picnômetro de 100 mL de volume interno. A análise química das amostras foi realizada em um espectrômetro de fluorescência de raios-X da Panalytical, modelo AXIOX MAX Série DY nº 5001.

O OCM utilizado foi obtido por prensagem mecânica a frio e caracterizado utilizando-se um cromatógrafo a gás modelo HP5890 da UFMG, equipado com detector por ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna SP2380 (Supelco) de 30 m x 0,25 mm x 0,20 µm com gradiente de temperatura de 120°C em 1 min e de 7°C/min até 220°C; injetor (split de 1/50) a 250°C e detector a 250°C. Como gás de arraste foi utilizado hidrogênio com uma vazão de 2mL/min e volume de injeção de 2 µL. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados SUPELCO37.

A caracterização química do OCM foi desenvolvida a partir dos procedimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), que se fundamentam nos métodos da American Oil Chemists' Society (AOCS). Os seguintes índices foram determinados: índice de

saponificação (IS), matéria insaponificável (MI), índice de acidez (IA) e índice de iodo (II). Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

Antes de ser submetido aos ensaios de microflotação, fez-se necessário que o OCM passasse pelo procedimento de hidrólise alcalina (saponificação), de modo a torná-lo solúvel em água, e, com isso, contribuir para seu melhor desempenho como coletor. A saponificação foi realizada com a utilização de NaOH a 10%, seguindo a metodologia proposta pela Clariant para saponificação a frio. Nesta metodologia pesa-se 5 g do coletor em um béquer de 150 mL, previamente tarado contendo um bastão de agitação magnética. Adiciona-se 20 g de água destilada, dispendo o conjunto em um agitador magnético. Com a agitação ligada, adiciona-se 7,5 mL de hidróxido de sódio a 10% para saponificar a solução. Ao final retorna-se o conjunto para a balança e adiciona-se água destilada até atingir-se um peso total de 100 g. Coloca-se novamente o conjunto sob agitação para realizar a homogeneização da solução saponificada.

Os ensaios de microflotação foram desenvolvidos em um tubo de Hallimond modificado fabricado pela Hialoquímica, variando-se a concentração do coletor (2,5, 5,0, 7,5 e 10 mg/L), com pH 8. Os parâmetros operacionais adotados podem ser vistos na tabela 2.

<b>Condições</b>	<b>Valores</b>
Vazão de ar (cm <sup>3</sup> /min)	40
Pressão de ar (psi)	10
Tempo de condicionamento (min)	7
Tempo de flotação (min)	1
Massa do mineral (g)	1
Faixa granulométrica (µm)	-150+106
Solução coletora (mL)	320
Concentração do coletor (mg/L)	2,5; 5; 7,5; 10
pH	8

Tabela 2 – Variáveis operacionais adotadas nos testes de microflotação em tubo de Hallimond.

Os testes de microflotação em tubo de Hallimond foram realizados em triplicata e o procedimento operacional foi baseado em Costa (2012). O procedimento operacional consistia em:

1. Pesou-se 1,0 g de amostra de apatita com faixa granulométrica de -150+106

µm (-100+150#);

2. Introduziu-se a amostra de apatita e uma barra magnética na parte inferior do tubo de Hallimond;
3. A concentração do coletor e o pH da polpa eram ajustados no valor desejado;
4. Após a montagem das partes superiores do tubo condicionava-se a polpa por 7 minutos;
5. Adicionou-se 320 mL de água destilada pela parte superior do tubo de Hallimond e, após esta iniciou-se a flotação introduzindo ar em vazão e pressão conhecida durante 1 minuto;
6. Coletou-se o material flotado e o afundado e, após filtragem a vácuo, o material foi encaminhado para a estufa de secagem a 70°C por aproximadamente 9 horas;
7. Após a remoção da estufa de secagem o material foi deixado à temperatura ambiente por 3 horas;
8. Pesou-se o flotado e o afundado para o cálculo da recuperação de apatita.

Para fins de comparação com os resultados obtidos com OCM foram comparados com os resultados obtidos com Flotigam 5806, produzido pela empresa Clariant, que é um coletor amplamente utilizado pela indústria nos processos de flotação de rocha fosfática. O Flotigam 5806 foi submetido aos mesmos processos de saponificação e ensaios de microflotação em tubo de Hallimond adotados para o OCM.

### 3. Resultados e discussão

a massa específica das amostras, obtida pelo método do picnômetro foi de 3,198 g/cm<sup>3</sup>, cujo resultado confirma o exposto na literatura, em que consta que a massa específica da apatita pura varia entre 3,1 e 3,2 g/cm<sup>3</sup>. A tabela 3 detalha os principais óxidos encontrados e seus respectivos percentuais. Nota-se que a amostra utilizada neste estudo apresenta elevadas concentrações de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e CaO (92,54%), constituindo uma amostra com alto grau de pureza.

Óxido	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
%	40,50	0,07	0,94	0,06	0,38	52,04

Tabela 3 – Análise química da amostra de apatita por fluorescência de raios-X.

Os resultados da cromatografia gasosa (ROCHA, 2014) apontaram maiores concentrações de ácido láurico (34,30%) e ácido oleico (31,60%) no OCM utilizado.

Esta composição se assemelha àquela apresentada no trabalho de Zuppa (2001) e Amaral et al. (2011), mas não a obtida por Hiane et al. (2005), conforme pode ser visto na Tabela 4 e no Gráfico 1.

Ácidos Graxos	Zuppa (2001)	Hiane et al. (2005)	Amaral et al. (2011)	Rocha (2014)
Ácido Caprílico (C8)	7,4	5,96	5,22	3,83
Ácido Cáprico (C10)	4,4	1,79	4,56	3,29
Ácido Láurico (C12)	39,7	12,95	44,14	34,3
Ácido Mirístico (C14)	9,3	9,49	8,45	10,6
Ácido Palmítico (C16)	7,6	12,62	6,57	9,09
Ácido Palmitoleico (C16:1)	-	2,29	-	-
Ácido Esteárico (C18)	2,4	6,58	2,11	4,19
Ácido Oleico – $\omega$ 9 (C18:1)	25,8	40,17	25,76	31,6
Ácido <i>cis</i> 6, <i>cis</i> -9-octadecadienóico	0,7	-	-	-
Ácido Linoleico – $\omega$ 6 (C18:2)	2,7	5,91	3,19	3,07
Ácido Linolênico - $\omega$ 3 (C18:3)	-	1,92	-	0,15
Ácido Araquídico (C20)	-	0,3	-	-

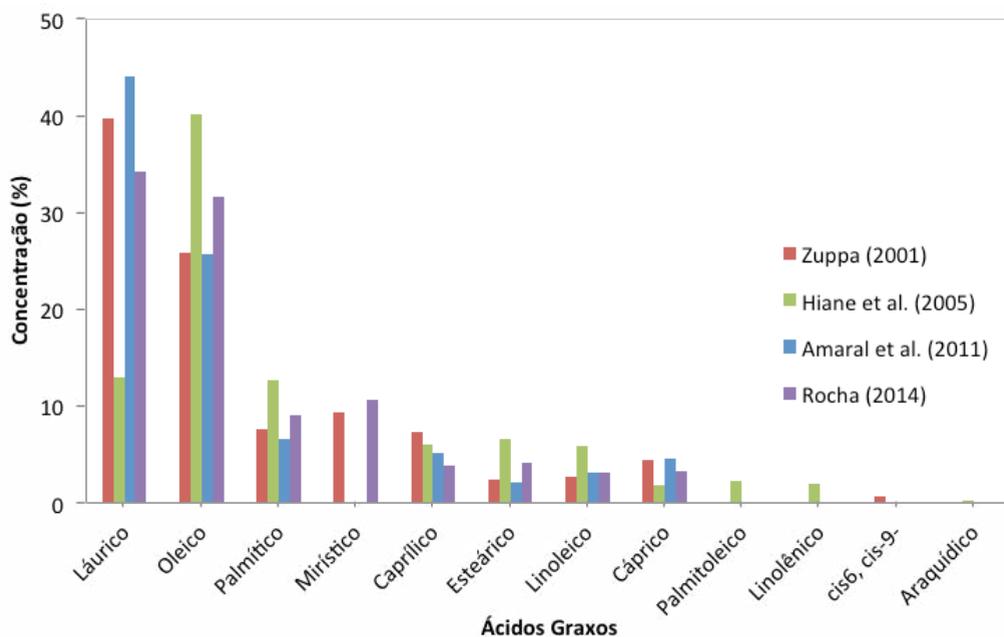


Tabela 4 – Perfil de ácidos graxos da castanha de macaúba.

Gráfico1 – Perfil de ácidos graxos da castanha de macaúba.

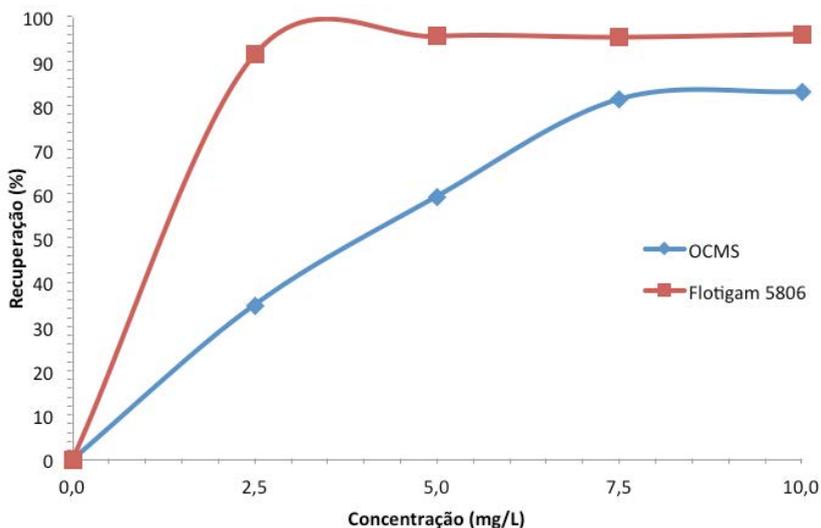
O índice de saponificação, que é a quantidade de hidróxido de potássio necessária para a saponificação dos ácidos graxos em 1 g de amostra, encontrado para o OCM foi de 202,40 mg KOH / g de óleo. Este resultado condiz com o obtido por Melo (2012), que foi de 192,7 mg KOH / g de óleo.

A matéria insaponificável para o OCM foi de 1,61%, que mostra que o OCM não contém apenas ácidos graxos, mas também outras substâncias, sendo que estas não puderam ser saponificadas pelo método utilizado.

O valor do índice de acidez obtido para o OCM foi de 16,72 mg de KOH / g de óleo, o que sugere que este óleo possui quantidade de ácidos graxos livres em sua composição superior aos encontrados dentre os óleos vegetais de frutos amazônicos, conforme o estudo de Costa (2012).

Em relação ao índice de iodo, quando comparado aos resultados dos óleos de frutos amazônicos do estudo de Costa (2012), o OCM apresentou valor relativamente baixo (39,44 g de I / g de óleo). A explicação para isso pode estar na composição do OCM, que apresenta altas concentrações de ácidos graxos saturados.

O Gráfico 2 apresenta a recuperação de apatita para os dois coletores (OCM e Flotigam 5806) no pH 8, com quatro faixas de dosagem. Os resultados obtidos



mostram que o OCM obteve resultados de recuperação de apatita menores que o Flotigam 5806 para todas as concentrações. O OCM apresentou suas maiores recuperações nas concentrações 7,5 e 10,0 mg/L.

A baixa recuperação observada para o OCM pode decorrer da sua composição em ácidos graxos, visto que a literatura ressalta o desempenho superior dos ácidos graxos insaturados sobre os saturados, no que tange a seletividade. Brandão et al. (1994), que também realizaram testes de microflotação em tubo de Hallimond com amostras de apatita, demonstraram que os ácidos graxos insaturados apresentaram melhores resultados em detrimento aos saturados.

## **4. Conclusões**

verifica-se que o óleo da castanha de macaúba saponificado (OCM) apresentou boa recuperação nas concentrações 7,5 e 10,0 mg/L para o pH 8, confirmando, dessa forma, seu potencial como coletor na microflotação de apatita. Todavia, ao ser comparado ao Flotigam 5806 (coletor que já é utilizado industrialmente na flotação de rocha fosfática) o OCM apresentou recuperações menores em todas as concentrações testadas, não se mostrando assim competitivo neste aspecto.

Uma vez que o OCM apresenta maiores concentrações de ácido láurico (saturado) e oleico (insaturado), a ação conjunta destes ácidos, assim como dos outros ácidos com teores menores na composição do óleo, pode ter influenciado para que estes resultados ficassem relativamente abaixo de outros estudos, como o de Costa (2012), por exemplo, que, embora tenha verificado a ação de frutos amazônicos com valores de pH ligeiramente diferentes, obteve altas taxas de recuperação da apatita a partir da concentração 2,5 mg/L para a maioria dos coletores testados.

## **5. Agradecimentos**

os autores agradecem ao apoio financeiro, imprescindível para o desenvolvimento do presente trabalho, das agências brasileiras de fomento à pesquisa CNPq, CAPES, FAPEG e FUNAPE, à empresa Anglo American Fosfatos do Brasil e à Universidade Federal de Goiás, pelo apoio dado ao mesmo.

---

## UTILIZATION OF THE MACAÚBA'S NUT OIL AS COLLECTOR IN THE MICROFLOTATION OF APATITE

**Abstract:** Macaúba (*Acrocomia Aculeata*) is a palm tree typical of the Brazilian savanna with great socioeconomic interest due to its high capacity of vegetable oil production with high levels of fatty acids. This paper evaluated the technical viability of macaúba's nut oil (MNO) as a collector in apatite's micro flotation in Hallimond tube, being the oil chemically characterized and saponified before its utilization. Tests were performed at pH 8 with variations in the collector concentration (2.5, 5.0, 7.5 e 10 mg/L). To compare the obtained results with MNO another collector made by Clariant, Flotigan 5806, was used in the same tests conditions. Results shows that MNO reached the highest recoveries rates of apatite in the concentrations 7.5 and 10 mg/L. However, when compared to Flotigan 5806, the MNO was not competitive, showing lower recoveries at all concentrations tested.

**Keywords:** froth flotation, macaúba's nut oil, apatite.

---

## Referências bibliográficas

ABDEL-KHALEK, N. A., SELIM, K. A., ABDALLAH, M. M., EL-BELLIHI, A. A., BAYOUMY, W. A. **Flotation of Egyptian Newly Discovered Fine Phosphate Ore of Nile Valley.** In: Proceedings of the International Conference on Mining, Material and Metallurgical Engineering. Prague, Czech Republic, 2014.

ALVES, A.; COSTA, D.; MEIRELES, A.; QUEIROZ, R.; PERES, A. E. C. **Aplicabilidade dos óleos de maracujá (*Passiflora Edulis*) e babaçu (*Orbignya Phalerata*) na flotação de apatita, calcita e quartzo.** In: XXV Encontro Nacional de Tratamento de Minérios e Metalurgia Extrativa e VIII Meeting of the Southern Hemisphere on Mineral Technology. Goiânia, 2013.

AMARAL, F.P.; BROETTO, F.; BATISTELLA, C. B.; JORGE, S. M. A. **Extração e caracterização qualitativa de óleo de polpa e amêndoas de frutos de macaúba [*Acrocomia aculeata* (Jacq) Lodd. Ex Mart] coletada na região de Botucatu, SP.** Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v.26, n.1, p.12-20, 2011.

BALTAR, C. A. M. **Flotação no Tratamento de Minérios.** 1. ed. Recife, BRASIL: Departamento de Engenharia de Minas/UFPE, 2008.

BULATOVIC, S. M. **Handbook of Flotation Reagents: chemistry, theory and practice: flotation of sulfide ores**. Elsevier Science & Technology Books. Volume 1, 2007.

COSTA, D. S. **Uso de Óleos Vegetais Amazônicos na Flotação de Minérios Fosfáticos**. 2012. 191 f. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FONSECA, D. S.; SILVA, T. H. C. **Sumário Mineral Brasileiro – Fosfato**. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Brasília, p. 148, 2013.

GUIMARÃES, R. C. ARAÚJO, A. C. PERES, A. E. C. **Reagents in igneous phosphate ores flotation**. Minerals Engineering. 18, 199-204, 2004.

HIANE, P. A.; RAMOS FILHO, M. M.; RAMOS, M. I. L.; MACEDO, M. L. R. **Bocaiuva, Acrocomia aculeata (Jacq.) Lodd., pulp and kernel oils: Characterization and fatty acid composition**. Brazilian Journal of food technology. 8, 256-259, 2005.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos Químicos e Físicos para Análise de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008. p. 1020.

MELO, P. G. **Produção e caracterização de biodiesel obtidos a partir da oleaginosa macaúba (Acrocomia Aculeata)**. 93 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Química, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

MONTE, M. B. de M.; PERES, A. E. C. **Química de superfície na flotação**. In: LUZ, Adão Benvindo da et al. (Ed.). Tratamento de Minérios. 5. ed. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010.

OLIVEIRA, J. **Grau de Saponificação de Óleos Vegetais na Flotação Seletiva de Apatita de Minério Carbonatítico**. 187 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mineral, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

SOUZA, A.; FONSECA, D. **Economia Mineral do Brasil - Fosfato**. Departamento Nacional de Produção Mineral - DNPM, Brasília, 2009.

ZUPPA, Tatiana de Oliveira. **Avaliação das Potencialidades de Plantas Nativas e Introduzidas no Cerrado na Obtenção de Óleos e Gorduras Vegetais**. 2001. 116 f. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO.

# 10

CAPÍTULO

## **INTRODUÇÃO ÀS TÉCNICAS DE PERTURBAÇÃO APLICADAS À RESOLUÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS NÃO-LINEARES**

**Oliveira, Leandro 1 \*;**  
**Borges, Romes 2**

1Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão

2Departamento de Matemática. Universidade Federal de Goiás – Regional Catalão

\* e-mail: [leandro\\_oliveira@live.com](mailto:leandro_oliveira@live.com)

---

**Resumo:** Nos últimos anos, várias técnicas têm sido propostas com o objetivo de se resolver problemas dinâmicos não-lineares, dentre elas destacam-se os chamados métodos de perturbação. O presente trabalho conta com um estudo introdutório acerca de sistemas vibratórios não lineares, sendo que, para isto, são utilizadas técnicas chamadas de Métodos de Perturbação. Para exemplificar o funcionamento dos métodos apresentados, utiliza-se o software Maple 16® para a resolução analítica das equações diferenciais não lineares, conhecida como equação de Duffing. Ainda neste sentido, utiliza-se do software MatLab® para se implementar as curvas de solução do problema proposto.

**Palavras-chave:** Sistemas dinâmicos; otimização; método de perturbação

---

Oliveira, Leandro; Borges, Romes. "INTRODUÇÃO ÀS TÉCNICAS DE PERTURBAÇÃO APLICADAS À RESOLUÇÃO DE SISTEMAS DINÂMICOS NÃO-LINEARES", p.93-107. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3304>

## **1. Introdução**

Segundo Marques (2000), estruturas mecânicas, de construção civil, máquinas e equipamentos industriais estão sujeitos a vibrações mecânicas indesejáveis que podem comprometer seu correto funcionamento e sua integridade, ou ainda causar desconforto a operadores e usuários. Assim, de modo a amenizar tais vibrações, Frahm propôs a utilização do absorvedor dinâmico de vibração (ADV). Para Soeiro, o ADV é um dispositivo de massa, rigidez e amortecimento que uma vez acoplado a uma estrutura primária, absorve a energia. Para Cruz (2008), em sua grande maioria, os problemas de vibrações em engenharia são naturalmente não-lineares,

fazendo com que uma análise linear se torne inadequada para muitas aplicações. Em sistemas não lineares, aparecem vários fenômenos que não aparecem em situações lineares, necessitando assim, um conhecimento mais aprofundado em matemática aplicada, física e engenharia para estudar esse tipo de problema. Na grande maioria, os sistemas se tornam muito extensos e complexos para a sua resolução, fazendo assim, necessária a utilização de softwares para desenvolver algoritmos envolvendo programação simbólica e obter as soluções. Nessa categoria, um dos softwares mais conhecidos é o Maple®, desenvolvido e comercializado pela Maplesoft, capaz de computar expressões algébricas, simbólicas, permitindo o desenho de gráficos no plano ou no espaço.

## 1.1. Sistemas com um grau de liberdade

O pêndulo matemático é um dos mais simples sistemas mecânicos, mas apesar de sua simplicidade, possibilita serem testados com sucesso muitos métodos matemáticos empregados em oscilações não-lineares. Desprezando-se o amortecimento, a equação diferencial que rege as oscilações livres do pêndulo é dada por:

$$\ddot{x} + \omega_0^2 \sin x = 0 \quad (1)$$

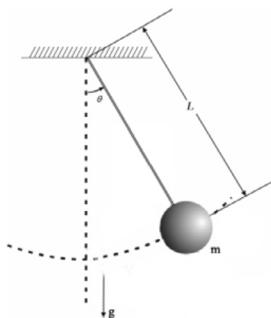


Figura 1 – Oscilador com 1 grau de liberdade (MARQUES, 2000, p.8).

onde  $m$  é a massa,  $L$  o comprimento do pêndulo,  $g$  a aceleração da gravidade e  $\omega_0^2 = g/L$ ; o ângulo representa o afastamento da posição de equilíbrio vertical. Para o sistema linearizado é usada a aproximação  $\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!}$ , isto é, é considerado apenas o primeiro e segundo termo da série de TAYLOR  $\sin \theta = \theta - \frac{\theta^3}{3!} + \frac{\theta^5}{5!} - \dots$ , o que conduz a bons resultados para pequenos valores de  $\theta$ .

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x - \frac{\omega_0^2}{6} x^3 = 0 \quad (2)$$

Baseando na equação de DUFFING (eq. 2) para se fazer a análise, faz-se  $-\frac{\omega_0^2}{6} = \varepsilon$ , sendo  $\varepsilon$  um pequeno parâmetro.

### 1.2. Sistema de dois graus de liberdade

A Figura 2 (a) representa um Absorvedor Dinâmico de Vibração Auto Paramétrico de dois graus de liberdade  $x(t)$  e  $\theta(t)$ . Onde  $\theta(t)$  representa um dispositivo proposadamente construído para operar sob condições de combinações de ressonâncias internas e externas.

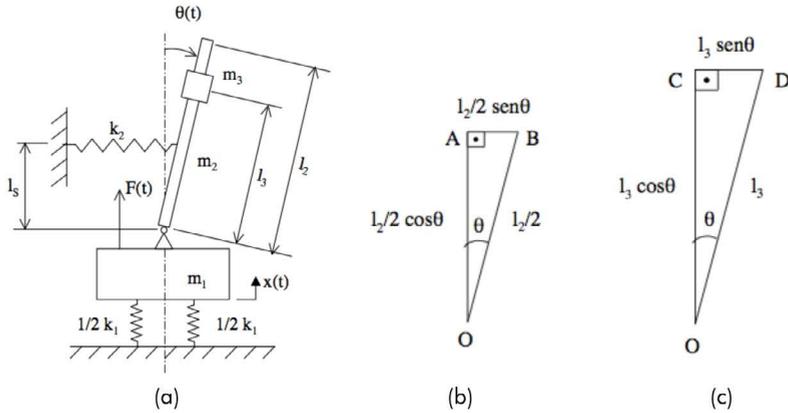


Figura 2 – (a) Absorvedor Auto-Paramétrico; (b) Posição do centro de massa  $m_2$ ; (c) Posição do centro de massa  $m_3$ .

A massa  $m_1$  suportada pelas molas é excitada externamente pela força  $F(t)$  representa o sistema primário. A parte do pêndulo constitui o absorvedor de vibração. Esta parte poderia ser substituída por uma viga elástica ou qualquer outro componente elástico (THONSEN, 2003). Abaixo esta o sistema de equações que regem o movimento desse modelo.

$$\ddot{x} + \omega_1^2 x + \gamma_1 \theta^2 - \frac{\gamma_1}{\omega_2^2} \dot{\theta}^2 = q \cos \Omega t \tag{3}$$

$$\ddot{\theta} + \omega_2^2 \theta + \gamma_2 x \theta - \frac{\gamma_2}{\omega_1^2} q \theta \cos \Omega t = 0 \tag{4}$$

onde as constantes são dadas por:

$$\omega_1^2 = \frac{k_1}{m_1+m_2+m_3}, \omega_2^2 = \frac{k_2 l_3^2}{\frac{1}{3}(m_2 l_2^2 + m_3 l_3^2)}, q = \frac{Q}{m_1+m_2+m_3}$$

$$\gamma_1 = \frac{\frac{1}{2}(m_2 l_2 + 2m_3 l_3)}{m_1+m_2+m_3} \omega_2^2, \gamma_2 = \frac{\frac{1}{2}(m_2 l_2 + 2m_3 l_3)}{\frac{1}{3}(m_2 l_2^2 + m_3 l_3^2)} \omega_1^2$$

A característica fundamental é que os efeitos não lineares são usados para suprimir a vibração do sistema da massa  $m_1$  suportada pelas molas.

### 1.3. Métodos de Perturbação

Esses métodos são viáveis apenas em não-linearidades pequenas, onde a solução é escrita como uma série de potências de um determinado parâmetro pequeno de perturbação. Nessas condições, com o aumento da quantidade de termos, a solução vai se tornando mais precisa. Com o aumento da não-linearidade, deve-se aumentar a quantidade de termos para que se obtenha uma boa aproximação. Em alguns casos, a solução se torna muito complexa, fazendo com que não seja possível a aplicação do método (PASQUETTI, 2008, p. 54).

### 1.4. Método das Expansões

Esse método de aproximação é o mais simples, porém suas soluções são passíveis a erro quando é acrescentado a quantidade de termos da solução.

Para uma expansão direta, deve-se assumir uma solução expansível na forma abaixo, em termos do parâmetro pequeno  $\varepsilon$ .

$$x(t) = \sum_{i=0}^n \varepsilon^i x_i(t) \quad (5)$$

### 1.5. Método de Lindstedt – Poincaré

Nesse método, a frequência da solução é expandida em uma serie de potências na forma:

$$\omega = \omega_0 + \sum_{i=1}^n e_i \beta^i \quad (6)$$

Aplicando a transformação do tempo  $\tau = \omega t$  na equação, faz-se com que a resposta apareça na equação, e conseqüentemente,  $x$  passa a ser função de  $\tau$ .

O processo de resolução desse método é parecido com o Método das Expansões, onde são substituídas as expansões da eq. (5) em função de  $\tau$  e  $\omega$ , obtendo assim um sistema de equações que pode ser resolvido sequencialmente.

#### 1.5.1. Método do Balanço Harmônico

Segundo Pasquetti (2008), o MBH possui a forma mais simples e direta de aplicação. Um somatório de harmônicos, acrescido de um termo constante, tal qual a serie de Fourier, tomando como solução aproximada.

$$x(t) \approx A_0 + \sum_{i=1}^n A_i \cos i\omega t + B_i \sin i\omega t \quad (7)$$

Substituindo a solução aproximada obtida da eq.(7) em uma equação diferencial qualquer. As potências e produtos trigonométricos que surgirão devido às não-linearidades são substituídos pela expansão destas potências em somatórios de harmônicos. Coletando os coeficientes de cada harmônico da eq.(7) e igualando os coeficientes do lado esquerdo aos coeficientes do lado direito da equação. Cada harmônico de interesse da eq.(7) produz uma equação não-linear. Tomando todas as equações, tem-se um sistema não-linear que é resolvido iterativamente para se determinar as constantes da solução aproximada.

Em problemas de vibrações forçadas amortecidos, os termos de seno e cosseno devem estar presentes ou deve-se adicionar um ângulo de fase a cada harmônico. Assim, a expansão da eq.(7) pode ser reescrita como:

$$x(t) \approx A_0 + \sum_{i=1}^n A_i \cos(i\omega t + \phi_i) \quad (8)$$

Em problemas de vibração livre ou vibração forçada não-amortecida, não é necessário estarem presentes os termos de seno e cosseno, bastando apenas um destes termos sem o ângulo de fase para descrever uma boa aproximação.

### 1.5.2. Método das Múltiplas Escalas

No Método das Múltiplas Escalas, a solução (5) que era dada em função do tempo passa a ser obtida de funções de múltiplas escalas de tempo  $T_0, T_1, \dots, T_i$ . Assumindo  $T_i = \beta^i t$ , é possível escrever a equação do movimento como:

$$x = \sum_{i=0}^n x_i(T_0, \dots, T_n)\beta^i \quad (9)$$

O sistema de equações é obtido quando (6) é substituída na equação e posteriormente, coletados os termos de mesma potência de  $\beta$ , onde o sistema é resolvido sucessivamente.

## 2. Sistemas com um grau de liberdade

### 2.1. Aplicação de Técnicas de Perturbação

Seja o problema dado pela eq.(2), baseando na equação de DUFFING para se fazer a análise, faz-se  $-\frac{\omega_0^2}{6} = \varepsilon$ , sendo  $\varepsilon$  um pequeno parâmetro

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x + \varepsilon x^3 = 0 \quad (10)$$

Usando o Método das Expansões, procura-se uma solução de segunda ordem da eq.(5), fazendo  $i = 2$ , temos,

$$x(t) = x_0(t) + \varepsilon x_1(t) + \varepsilon^2 x_2(t) \quad (11)$$

onde  $x_i(t), i = 0,1,2$ , são funções a serem ainda determinadas. A substituição da eq.(11) na eq.(10), e posteriormente ordenando em potências de  $\varepsilon$  fornece

$$\ddot{x}_0 + \omega_0^2 x_0 + \varepsilon(\ddot{x}_1 + \omega_0^2 x_1 + x_0^3) + \varepsilon^2(\ddot{x}_2 + \omega_0^2 x_2 + 3x_0^2 x_1) = 0 \quad (12)$$

Resultando em um sistema de equações que pode ser resolvido sucessivamente.

$$\ddot{x}_0 + \omega_0^2 x_0 = 0 \quad (13)$$

$$\ddot{x}_1 + \omega_0^2 x_1 = -x_0^3 \quad (14)$$

$$\ddot{x}_2 + \omega_0^2 x_2 = -3x_0^2 x_1 \quad (15)$$

Utilizando a linguagem de programação simbólica Maple, é possível obter esse sistema seguindo o código a seguir.

```
> eq1 := diff(x(t), t$2) + omega_0^2*x(t) + epsilon*x(t)^3 = 0;
solAp := x(t) = add(epsilon^i*x_i(t), i = 0..2);
eq2 := collect(convert(subs(solAp, lhs(eq1) - rhs(eq1)), polynom), epsilon);
eq3 := convert(series(eq2, epsilon = 0, 3), polynom) = 0;
eq4 := subs(epsilon = 0, eq3), coeff(lhs(eq3), epsilon) = 0, coeff(lhs(eq3), epsilon^2) = 0;
```

Figura 3 – Obtenção do sistema no ambiente Maple®

A solução geral da eq.(13) pode ser escrita como

$$x_0(t) = A \sin(\omega_0 t + \gamma) \quad (16)$$

Substituindo a eq.(16) na eq.(14), e resolvendo o sistema para  $x_1(t)$ , obtém-se

$$x_1(t) = \frac{3t}{8\omega_0} A^3 \cos(\omega_0 t + \gamma) - \frac{1}{32\omega^2} A^3 \sin(3\omega_0 t + 3\gamma) + A_1 \sin(\omega_0 t + \gamma_1) \quad (17)$$

Substituindo as equações (10) e (13) na equação (11) e resolvendo-a, obtém-se  $x_2(t)$  e conseqüentemente a solução para o Método das Expansões. Resolvendo para os Métodos do Balanço Harmônico e Múltiplas Escalas, é possível fazer uma comparação dos resultados, como apresentado na Fig. 4.

Na Figura 4a, é mostrada as soluções pelos Métodos das Expansões, Balanço Harmônico e Múltiplas Escalas. Na Figura 4b, é possível perceber uma aproximação de três casas decimais, validando assim os métodos.

Observando a figura a seguir, foi obtida uma melhor solução para o problema proposto utilizando os métodos do Balanço Harmônico e o das Múltiplas Escalas.

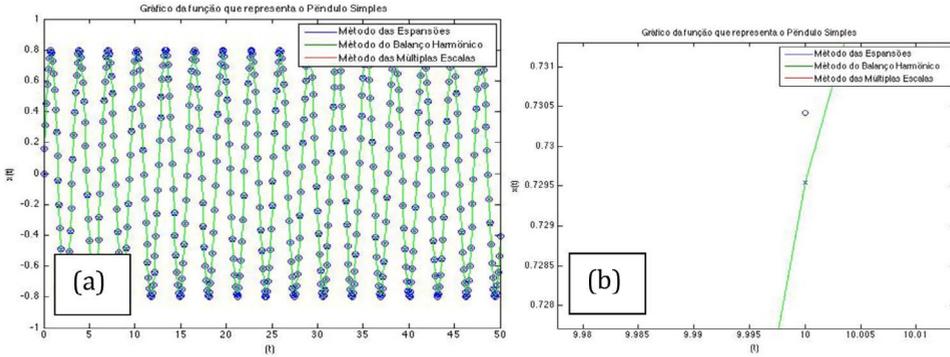


Figura 4 – Resposta no tempo, a) Visão geral, b) Aproximação para melhor visualização das respostas

## 2.2. Sistemas com não-linearidades quadráticas e cúbicas

Considerando uma partícula de massa  $m$  com oscilações livres sob a ação da gravidade e contida por uma mola não linear. A equação do movimento dada por

$$\frac{d^2}{dt^2} x + x + \alpha_2 x^2 + \alpha_3 x^3 = 0 \tag{18}$$

### 2.2.1. Método das Expansões

Considerando uma aproximação com três termos para  $x(t)$ , tem-se

$$x = \sum_{i=1}^3 \varepsilon^i x_i \tag{19}$$

onde  $\varepsilon$  é um pequeno parâmetro. Substituindo esta expansão na eq.(18), ampliando o resultado e descartando os termos superiores, tem-se

$$\left( \frac{d^2}{dt^2} x_1 + x_1 \right) \varepsilon + \left( \frac{d^2}{dt^2} x_2 + \alpha_2 x_1^2 + x_2 \right) \varepsilon^2 + \left( \frac{d^2}{dt^2} x_3 + x_3 + 2 \alpha_2 x_1 x_2 + \alpha_3 x_1^3 \right) \varepsilon^3 = 0 \tag{20}$$

e chega-se ao seguinte sistema de equações quando agrupamos os termos de mesma potência de  $\varepsilon$

$$\frac{d^2}{dt^2} x_1 + x_1 = 0 \tag{21}$$

$$\frac{d^2}{dt^2} x_2 + \alpha_2 x_1^2 + x_2 = 0 \tag{22}$$

$$\frac{d^2}{dt^2} x_3 + x_3 + 2 \alpha_2 x_1 x_2 + \alpha_3 x_1^3 = 0 \quad (23)$$

que pode ser resolvido sequencialmente. Primeiramente deve-se determinar  $x_1(t)$  resolvendo a eq.(21)

$$x_1(t) = a \cos(\beta + t) \quad (24)$$

Substituindo a eq.(24) na equação de segunda ordem (22), e resolvendo, obtém-se:

$$x_2(t) = \frac{1}{6} \alpha_2 a^2 \cos(2\beta + 2t) - \frac{1}{2} \alpha_2 a^2 \quad (25)$$

substituindo  $x_1(t)$  e  $x_2(t)$  na equação de terceira ordem (23), resolvendo a equação e retirando as partes homogêneas, tem-se:

$$x_3(t) = \frac{5}{12} t \alpha_2^2 a^3 \sin(\beta + t) - \frac{3}{8} t \alpha_3 a^3 \sin(\beta + t) + \frac{1}{48} \alpha_2^2 a^3 \cos(3\beta + 3t) + \frac{1}{32} \alpha_3 a^3 \cos(3\beta + 3t) \quad (26)$$

Ao considerar as três soluções de  $x$  e substituindo na eq.(19) obtém-se a aproximação para a terceira ordem da solução da equação

$$x(t) = \varepsilon a \cos(\beta + t) + \varepsilon^2 \left( \frac{1}{6} \alpha_2 a^2 \cos(2\beta + 2t) - \frac{1}{2} \alpha_2 a^2 \right) + \varepsilon^3 \left( \frac{5}{12} t \alpha_2^2 a^3 \sin(\beta + t) - \frac{3}{8} t \alpha_3 a^3 \sin(\beta + t) + \frac{1}{48} \alpha_2^2 a^3 \cos(3\beta + 3t) + \frac{1}{32} \alpha_3 a^3 \cos(3\beta + 3t) \right) = 0 \quad (27)$$

A solução pode ser melhorada aumentando a quantidade de termos na expansão de  $x(t)$

### 2.2.2. Método de Lindstedt – Poincaré

Nesse método, a solução é expandida em uma serie de potências de perturbação, para isso, fazendo-se  $\tau = \omega t$  e aplicam-se as expansões abaixo para obter uma solução de segunda ordem para eq.(5).

$$\omega = 1 + \sum_{i=1}^2 \varepsilon^i \omega_i \quad (28)$$

$$x(\tau) = \sum_{i=1}^3 \varepsilon^i x_i(\tau) \quad (29)$$

Substituindo as equações (28) e (29) na eq.(5), expandindo o resultado e descartando os termos de ordens superiores, é obtido

$$\begin{aligned} & \left( \frac{d}{d\tau^2} x_1(\tau) + x_1(\tau) \right) \varepsilon + \left( 2 \left( \frac{d}{d\tau^2} x_1(\tau) \right) \omega_1 + \frac{d}{d\tau^2} x_2(\tau) + \alpha_2 x_1(\tau)^2 + x_2(\tau) \right) \varepsilon^2 + \\ & \left( \left( \frac{d}{d\tau^2} x_1(\tau) \right) (2\omega_2 + \omega_1^2) + \frac{d}{d\tau^2} x_3(\tau) + 2 \left( \frac{d}{d\tau^2} x_2(\tau) \right) \omega_1 + x_3(\tau) + 2\alpha_2 x_1(\tau) x_2(\tau) + \right. \\ & \left. \alpha_3 x_1(\tau)^3 \right) \varepsilon^3 = 0 \end{aligned} \quad (30)$$

Agrupando os termos de mesma potência de  $\varepsilon$ , chega-se ao sistema de equações abaixo:

$$\frac{d}{d\tau^2} x_1(\tau) + x_1(\tau) = 0 \quad (31)$$

$$2 \left( \frac{d}{d\tau^2} x_1(\tau) \right) \omega_1 + \frac{d}{d\tau^2} x_2(\tau) + \alpha_2 x_1(\tau)^2 + x_2(\tau) = 0 \quad (32)$$

$$\begin{aligned} & \left( \frac{d}{d\tau^2} x_1(\tau) \right) (2\omega_2 + \omega_1^2) + \frac{d}{d\tau^2} x_3(\tau) + 2 \left( \frac{d}{d\tau^2} x_2(\tau) \right) \omega_1 + x_3(\tau) + 2\alpha_2 x_1(\tau) x_2(\tau) \\ & + \alpha_3 x_1(\tau)^3 = 0 \end{aligned} \quad (33)$$

A solução é obtida resolvendo as equações acima sequencialmente. O primeiro termo da expansão é considerado como sendo a frequência natural do sistema linear. Resolvendo a eq.(31), encontra-se  $x_1(\tau)$ .

$$(34)$$

$$x_1(\tau) = a \cos(\beta + \tau)$$

Substituindo a eq.(34) em (32), determina-se a solução de  $x_2(\tau)$

$$x_2(\tau) = \frac{1}{6} \alpha_2 a^2 \cos(2\beta + 2\tau) - \frac{1}{2} \alpha_2 a^2 \quad (35)$$

Substituindo as equações (34) e (35) na eq.(33), determina-se a solução de  $x_3(\tau)$ , e usando o terceiro termo da solução para retirar os termos seculares, obtém-se uma aproximação de segunda ordem para a solução de  $x(\tau)$

$$x(\tau) = \epsilon a \cos(\beta + \tau) + \epsilon^2 \left( \frac{1}{6} \alpha_2 a^2 \cos(2\beta + 2\tau) - \frac{1}{2} \alpha_2 a^2 \right) \tag{36}$$

onde

$$\tau = \left( 1 - \frac{1}{24} \epsilon^2 a^2 (10\alpha_2^2 - 9\alpha_3) \right) t \tag{37}$$

### 2.2.3. Verificação das respostas para as Técnicas Apresentadas

Obtendo a solução através do método das Múltiplas Escalas, é possível analisar a precisão para o sistema proposto. Na Figura 5a, podemos perceber que as respostas no tempo  $t$  estão próximas, e essa verificação é acentuada visualizando a Figura 5b, onde é possível observar uma precisão de quatro casas para as soluções.

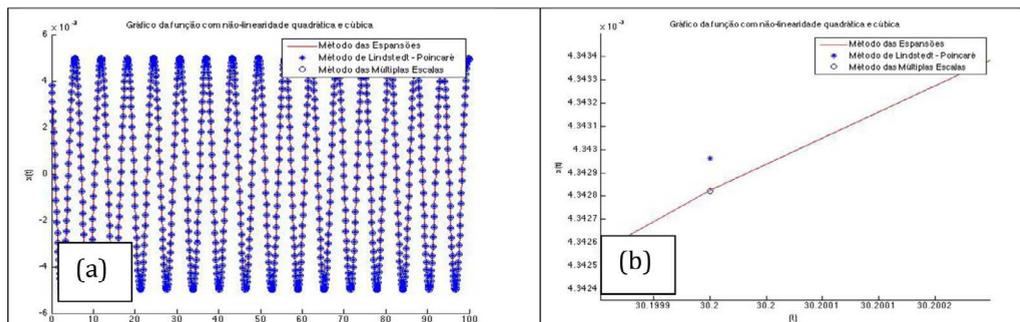


Figura 5 – Gráfico da função com não-linearidade quadrática e cúbica, a) Visão Geral, b) Aproximação para verificação da precisão das respostas

## 3. Sistemas com dois graus de liberdade

### 3.1. Absorvedor Dinâmico de Vibrações Auto-Paramétrico

Voltando ao sistema dado pela Fig. (5) e assumindo que, nas equações (3) e (4), as massas  $m_2$  e  $m_3$  são muito menores em relação à massa  $m_1$ , implica que na primeira aproximação os termos contendo  $\dot{\theta}^2$  e  $q\theta\cos(\Omega t)$  podem ser desconsiderados em comparação com os termos lineares e não lineares

remanescentes. Assim, considerando amortecimento viscoso, tem-se as seguintes equações do movimento para o absorvedor:

$$\ddot{x} + 2\beta_1\dot{x} + \omega_1^2x + \gamma_1\theta^2 = q \cos \Omega t \quad (38)$$

$$\ddot{\theta} + 2\beta_2\dot{\theta} + \omega_2^2\theta + \gamma_2x\theta = 0 \quad (39)$$

O sistema é denominado auto-paramétrico devido às equações (38) e (39) estarem acopladas entre si, ou seja, a solução  $x(t)$  da equação (38) atua como uma excitação paramétrica no termo  $x\theta$  da eq.(39). Estas equações só influenciam entre si por meio dos termos  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$ .

O princípio do absorvedor auto-paramétrico é que a energia contida na massa  $m_1$  seja transferida por meio dos movimentos da parte do pêndulo através do acoplamento não linear da massa primária e do absorvedor. Assim, será realizada uma análise de perturbação para a condição  $\Omega = \omega_1$ , que é o caso mais importante, pois corresponde à ressonância do sistema primário  $m_1$ .

### 3.1.1. Método do Balanço Harmônico (MBH)

A solução aproximada das equações (38) e (39) deve conter o harmônico fundamental  $\Omega$  pois o mesmo deve estar em fase com a força aplicada em (38), além do termo constante e os termos de seno e cosseno devido se ter uma não linearidade quadrática. Assim, tem-se as aproximações:

$$x(t) \approx A_0 + A_1 \cos(\Omega t) + A_2 \sin(\Omega t) \quad (40)$$

$$\theta(t) \approx B_0 + B_1 \cos(\Omega t) + B_2 \sin(\Omega t) \quad (41)$$

Substituindo as equações (40) e (41) no sistema de equações (38) e (39), resulta em

$$\begin{aligned} &(-A_1\Omega^2 \cos(\Omega t) - A_2\Omega^2 \sin(\Omega t)) + 2\beta_1(-A_1\Omega \sin(\Omega t) + A_2\Omega \cos(\Omega t)) + \omega_1^2(A_0 \\ &+ A_1 \cos(\Omega t) + A_2 \sin(\Omega t)) + \gamma_1(B_0 + B_1 \cos(\Omega t) + B_2 \sin(\Omega t))^2 \\ &= q \cos \Omega t \end{aligned} \quad (42)$$

$$\begin{aligned} &(-B_1\Omega^2 \cos(\Omega t) - B_2\Omega^2 \sin(\Omega t)) + 2\beta_2(-B_1\Omega \sin(\Omega t) + B_2\Omega \cos(\Omega t)) + \omega_2^2(B_0 \\ &+ B_1 \cos(\Omega t) + B_2 \sin(\Omega t)) + \gamma_2(A_0 + A_1 \cos(\Omega t) + A_2 \sin(\Omega t))(B_0 \\ &+ B_1 \cos(\Omega t) + B_2 \sin(\Omega t)) = 0 \end{aligned} \quad (43)$$

Expandindo as potencias de  $\theta$  e  $x$  e colocando em evidencia os harmônicos  $\sin(\Omega t)$  e  $\cos(\Omega t)$ , chega-se respectivamente à três sistemas de equações:

$$\omega_1^2 A_0 + \gamma_1 B_0^2 = 0 \quad (44)$$

$$\omega_2^2 B_0 + \gamma_2 A_0 B_0 = 0$$

$$-A_1 \Omega^2 + 2\beta_1 A_2 \Omega + \omega_1^2 A_1 + 2\gamma_1 B_0 B_1 = q \quad (45)$$

$$-B_1 \Omega^2 + 2\beta_2 B_2 \Omega + \omega_2^2 B_1 + \gamma_2 A_0 B_1 + \gamma_2 A_1 B_0 = 0$$

$$-A_2 \Omega^2 - 2\beta_1 A_1 \Omega + \omega_1^2 A_2 + 2\gamma_1 B_0 B_2 = 0 \quad (46)$$

$$-B_2 \Omega^2 - 2\beta_2 B_1 \Omega + \omega_2^2 B_2 + \gamma_2 A_0 B_2 + \gamma_2 A_2 B_0 = 0$$

Resolvendo os sistemas (44), (45) e (46) encontra-se os valores para  $A_0$ ,  $B_0$ ,  $A_1$ ,  $B_1$ ,  $A_2$  e  $B_2$ .

$$A_0 = -\frac{\omega_2^2}{\gamma_2} \quad (47)$$

$$B_0 = \sqrt{\frac{1}{\gamma_2 \gamma_1}} \omega_1 \omega_2 \quad (48)$$

$$A_1 = -\frac{\Omega^2(\Omega^4 + (4\beta_2^2 - \omega_1^2)\Omega^2 + (-2\omega_2^2 - 4\beta_2^2)\omega_1^2)q}{\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4} \quad (49)$$

$$B_1 = -\frac{\omega_2 \omega_1 (\Omega^4 + (-\omega_1^2 + 4\beta_2 \beta_1)\Omega^2 - 2\omega_2^2 \omega_1^2)q}{\sqrt{\frac{1}{\gamma_2 \gamma_1}} (\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4) \gamma_1} \quad (50)$$

$$A_2 = -\frac{2\Omega q (\beta_1 \Omega^4 + 4\beta_2^2 \Omega^2 \beta_1 - 2\omega_2^2 \omega_1^2 \beta_2)}{\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4} \quad (51)$$

$$B_2 = -\frac{2\omega_2 \Omega \omega_1 q ((\beta_1 - \beta_2)\Omega^2 + \beta_2 \omega_1^2)}{\sqrt{\frac{1}{\gamma_2 \gamma_1}} (\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4) \gamma_1} \quad (52)$$

Quando substituídas as equações (47), (48), (49), (50), (51) e (52) nas equações (40) e (41), são obtidas as soluções não-lineares para  $x(t)$  e  $\theta(t)$ .

$$x(t) \approx \frac{\omega_2^2}{\gamma_2} - \frac{\Omega^2(\Omega^4 + (4\beta_2^2 - \omega_1^2)\Omega^2 + (-2\omega_2^2 - 4\beta_2^2)\omega_1^2)q}{\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4} \cos(\Omega t) - \frac{2\Omega q (\beta_1 \Omega^4 + 4\beta_2^2 \Omega^2 \beta_1 - 2\omega_2^2 \omega_1^2 \beta_2)}{\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4} \sin(\Omega t) \quad (53)$$

$$\theta(t) \approx \sqrt{\frac{1}{\gamma_2 \gamma_1}} \omega_1 \omega_2 - \frac{\omega_2 \omega_1 (\Omega^4 + (-\omega_1^2 + 4\beta_2 \beta_1)\Omega^2 - 2\omega_2^2 \omega_1^2)q}{\sqrt{\frac{1}{\gamma_2 \gamma_1}} (\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4) \gamma_1} \cos(\Omega t) - \frac{2\omega_2 \Omega \omega_1 q ((\beta_1 - \beta_2)\Omega^2 + \beta_2 \omega_1^2)}{\sqrt{\frac{1}{\gamma_2 \gamma_1}} (\Omega^8 + (4\beta_2^2 - 4\beta_1^2 - 2\omega_1^2)\Omega^6 + (\omega_1^4 + (-8\beta_2^2 - 4\omega_2^2)\omega_1^2 - 16\beta_2^2\beta_1^2)\Omega^4 + 4\omega_1^4(\omega_2^2 + \beta_2^2)\Omega^2 + 4\omega_2^4\omega_1^4) \gamma_1} \sin(\Omega t)$$

(54)

Para que a ressonância interna e externa estejam sintonizadas, é necessário assumir  $\Omega = \omega_1$ . A Figura 6 mostra a curva dada pelas equações (53) e (54), na Figura 6a assumiu-se  $\beta_1 = \beta_2 = 0.01$  e na Figura 6b, assumiu-se  $\beta_1 = \beta_2 = 0.3$ .

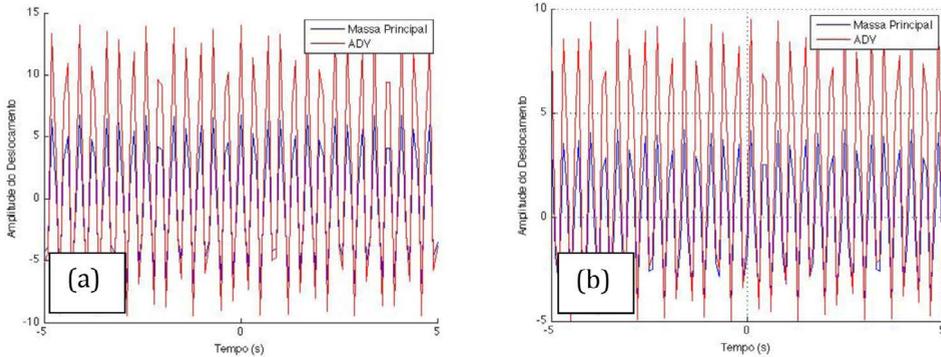


Figura 6 - Curva dada pelas Equações (52) e (53). (a)  $\beta_1 = \beta_2 = 0.01$ ; (b)  $\beta_1 = \beta_2 = 0.3$ .

Nota-se que aumentando os valores dos coeficientes de amortecimento, a amplitude do deslocamento é reduzida. Deve-se assumir que a constante de rigidez de mola  $k_2 \ll k_1$ , pois como pode ser observado na Fig. 6a,  $k_1$  sustenta todo o peso da estrutura necessitando assim uma rigidez maior, enquanto que  $k_2$  representa a rigidez da mola que sustenta a barra do pêndulo e por sua vez é engastada em uma superfície rígida.

## 4. Conclusões

Neste trabalho, procurou-se focar os sistemas dinâmicos vibratórios não lineares. Para isto fez-se uso das técnicas chamadas Métodos de Perturbação. Os cálculos foram implementados no software Maple e os gráficos foram construídos utilizando o Matlab. Nesse sentido, notou-se que os métodos de perturbação utilizados se mostraram bastante interessantes para a resolução das equações e sistemas de equações diferenciais não lineares. Fez-se o desenvolvimento das equações do movimento de um absorvedor dinâmico de vibrações Auto Paramétrico e, neste caso, pôde-se constatar a influência do fator de amortecimento na resposta deste sistema.

---

## **Introduction to the Study of Optimization Techniques for Bio-Inspired Application in Nonlinear Dynamical Systems**

**Abstract:** Nonlinear dynamic problems can be solved by numerical integration of motion or perturbation methods. This paper aims to make an introductory study on nonlinear vibration systems, and, for this, techniques called perturbation methods are used. To illustrate the functioning of the presented methods, is used an analytical software called Maple 16® for solving the nonlinear differential equations, known as the Duffing equation. Also in this sense, we use the Matlab® software to implement the solution curves of the proposed problem.

**Keywords:** Dynamic systems; optimization; perturbation method

---

## **Referências bibliográficas**

CRUZ, Marcia M. C. **Usando o software Maple, 2008**. 38 f. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

FRAHM, H., 1911, **Device for Damping Vibration of Bodies**. US Patent, 989.958.

MAPLE: BEHIND THE SCENES. Disponível em: <<http://www.maplesoft.com/products/maple/demo/player/MapleBehindTheScenes.aspx>>. Acesso em: 13 de julho de 2014.

MARQUES, Rodrigo F. **Estudo teórico e numérico de absorvedores dinâmicos de vibrações ativos e adaptativos**. 2000. 120 f.. Dissertação (Mestre em Engenharia Mecânica) Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

PASQUETTI, Eduardo. **Métodos Aproximados de Solução de Sistemas Dinâmicos Não-Lineares**. 255 f., 30 cm. Tese (Doutor em Engenharia Civil) Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: 2008.

SAYED M., HAMED Y. S. e AMER Y. A. **Vibration Reducion and Stability of Non-Linear System Subjected to External and Parametric Excitation Forces under a Non-Linear Absorber**. Int. J. Contemp. Math. Sciences, Vo.. 6, 2011, no. 22, 1051-1070.

SOEIRO, Newton S. **Curso de fundamentos de vibrações e balanceamento de rotores**. Belém-PA, Instituto de Tecnologia – ITEC.

THONSEN, J.J. **Vibrations and Stability**. Springer-Verlag, 2nd Edition. 2003

## APÊNDICE A - Maple®

O Maple® é uma linguagem de programação capaz de não apenas fazer manipulações interativas, mas também incentiva a automatização de cálculos complicados. É fácil fazer depuração nos programas devido ser uma linguagem interativa. Para o desenvolvimento de um programa, é necessário apenas a inserção de um `proc()` e um `end` na sequência de comandos (CRUZ, 2008).

### 5.1.1. Conceitos Básicos sobre Maple®

O Maple usa `(:=)` para dar nome a uma equação e toda equação deve ser finalizada com um `(;)` quando se deseja retornar o resultado e, `(:)` em situação inversa.

```
> eqs:={a*x+b*y=c,d*x+e*y=f};
                                eqs := {ax + by = c, dx + ey = f}
```

Figura A1 – Forma de lançar uma equação no ambiente Maple®

Nomes no Maple® podem conter caracteres alfanuméricos, porém não podem começar com números. Uma das maneiras de definir uma função é:

```
> f:=x->x^2+3*x;
                                f:=x->x^2 + 3x
```

Figura A2 – Definindo uma função no ambiente Maple®

Também pode-se plotar a função, usando qualquer operador e avaliar de várias maneiras.

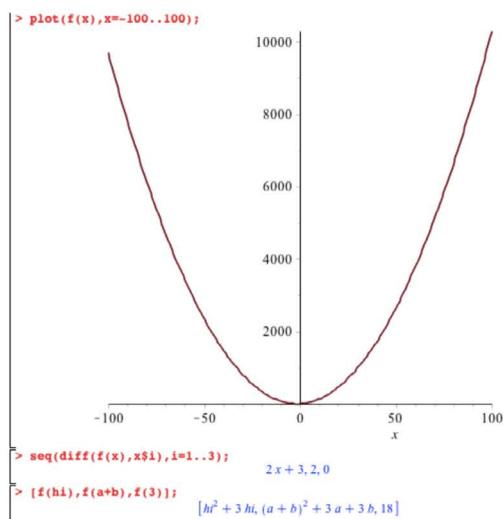


Figura A3 – Função plotada no ambiente Maple®

# 11

# CAPÍTULO

## ESCOAMENTO DE GRÃOS EM SILOS

**Reis, F. A. 1;**

**Silva, A. C. 2\*;**

**Silva, E. M. S. 2;**

**Bicalho, A. C. 1**

1 Universidade Federal de Goiás, Graduando do Curso de Engenharia de Minas, Catalão, GO, Brasil

2 Universidade Federal de Goiás, Curso de Engenharia de Minas, Catalão, GO, Brasil

**\* email: [ancarsil@ufg.br](mailto:ancarsil@ufg.br)**

---

**Resumo:** O manuseio de grãos sempre exige uma forma de estocagem que impede a perda de material e facilite as operações posteriores, a qual, muitas das vezes, é feita em silos ou pilhas. Estas possuem algumas desvantagens, pois expõem o material ao ambiente e dificulta a alimentação de operações à jusante. Já os silos, mantem as partículas num volume fechado e orienta o fluxo de descarga para um orifício, sendo uma alternativa muito eficiente no aproveitamento de finos e no manuseio posterior. Entretanto, o conhecimento de propriedades das partículas como massa específica, tamanho, ângulo de fricção e atrito é extremamente importante, pois, em combinação com a geometria do silo e a quantidade de material, podem gerar arcos de tensões no descarregamento e impedir o fluxo. O trabalho foi desenvolvido neste sentido para encontrar relações entre o tempo de escoamento e tais variáveis. Aquelas referentes à geometria do equipamento se restringiram ao diâmetro do orifício de descarga, inclinação da parte cônica (tremonha) e a altura da mesma. Nas simulações, percebeu-se a importância da escoabilidade das partículas no tempo de descarga, o que está condicionado, principalmente, pela granulometria do material e ângulo de escoamento. A umidade e o tempo que o pacote granular permanece dentro do silo antes de ser descarregado foram desprezados, porém podem influenciar no tempo de descarga.

**Palavras-chave:** Fluxo granular; Silos; Simulação computacional

---

Reis, F. A.; Silva, A. C.; Silva, E. M. S.; Bicalho, A. C.. "ESCOAMENTO DE GRÃOS EM SILOS", p.108-120. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3305>

## **1. Introdução**

Todo e qualquer material requer um procedimento adequado para a sua estocagem e/ou armazenamento. Materiais granulares são usualmente estocados em silos. Os silos são estruturas de armazenamento de grãos reconhecidamente importantes nas mais diversas áreas, tais como a agricultura, mineração, indústria cimenteira, dentre outras.

Vários autores têm se dedicado a simular computacionalmente o problema da geração de um pacote granular denso em um silo (seja ele bi ou tridimensional) e sua posterior descarga por um orifício. Para isso inúmeras técnicas de simulação computacional têm sido testadas. Pode-se, contudo, destacar alguns trabalhos

de reconhecida importância tais como Langston et al. (1995) que utilizaram um modelo computacional baseado em elementos discretos (DE) para simular o fluxo de material granular armazenado em um silo por uma tremonha. Outros autores tais como Allen e Tildesley (1987) e Rapaport (2004) usaram modelos baseados em dinâmica molecular (MD) de partículas elásticas. Já Lubachevsky (1991) e Herrmann e Luding (1998) utilizaram a simulação conduzida por eventos (EDS) para partículas rígidas. Silva e Bernardes (2010) usaram a técnica chamada autômato celular para simular a geração de um pacote granular denso e poroso em um silo e a subsequente descarga por um orifício na parte inferior da tremonha.

Wendt (2009) reforça que a base para a ferramenta são as equações fundamentais que governam a dinâmica de fluidos – a continuidade, momento e equações de energia. Elas são representações matemáticas de três princípios físicos fundamentais nos quais a dinâmica de fluidos se baseia: conservação de massa,  $F = m \cdot a$  (Segunda Lei de Newton) e conservação de energia.

Fontes et al. (2004) define CFD como uma técnica baseada na teoria dos fenômenos dos transportes, a qual permite simulações computacionais para prever o comportamento de um fluxo. O objetivo da técnica é modelar um fluxo contínuo com Partial Differential Equations (PDE's), discretizar estas PDE's transformando-as em um sistema algébrico, solucioná-lo, validá-lo e encontrar a simulação baseada na geometria. Para isso, são requeridas manipulações com milhões de número impossíveis de serem feitas algebricamente, pois utiliza métodos discretos dependentes de ferramentas computacionais limitadas pelo desenvolvimento de hardwares.

O presente projeto visou o desenvolvimento de um software usando a técnica denominada de CFD (Computer Fluids Dynamics) para simular tanto a geração de um pacote granular denso, mas ainda poroso, em um silo tridimensional bem como o seu posterior descarregamento, produzindo um escoamento do material granular pelo orifício de descarga do silo.

É importante destacar alguns tipos de fluxos que existem durante o descarregamento de partículas granulares dentro de um silo porque o caminho percorrido por estas pode responder questões sobre a obstrução da descarga. Alguns estudos têm sido feitos considerando este aspecto, porém, pode-se destacar alguns trabalhos como o de Palma (2005) que analisou a pressão em silos verticais com fundo cônico para fluxo de massa e fluxo de funil através de simulações e desenvolveu um programa computacional para cálculo de pressão. Araújo (1997) realizou pesquisas para determinar os esforços e alívios de tensões através de análises numéricas e experimentais, comparando os métodos. Freitas (2001) realizou testes em um protótipo de silo e silo piloto e, baseado nos resultados experimentais, propôs modelos empíricos para determinar pressões horizontais e verticais no fundo

de silos para este tipo de unidade armazenadora.

O produto armazenado pode ser descarregado pela gravidade de acordo com dois tipos principais de fluxos: fluxo de massa e fluxo de funil (Figura 1). O tipo de fluxo depende principalmente da propriedade físicas e da geometria e rugosidade da superfície da tremonha. De acordo com Calil Jr. (1990), o tipo de fluxo caracteriza a descarga do produto, o tipo de segregação, a possível geração de zonas sem movimento e se o silo pode ser completamente esvaziado. Além disso, determina a distribuição das pressões nas paredes e fundo do silo, e a integridade e custos de construção.

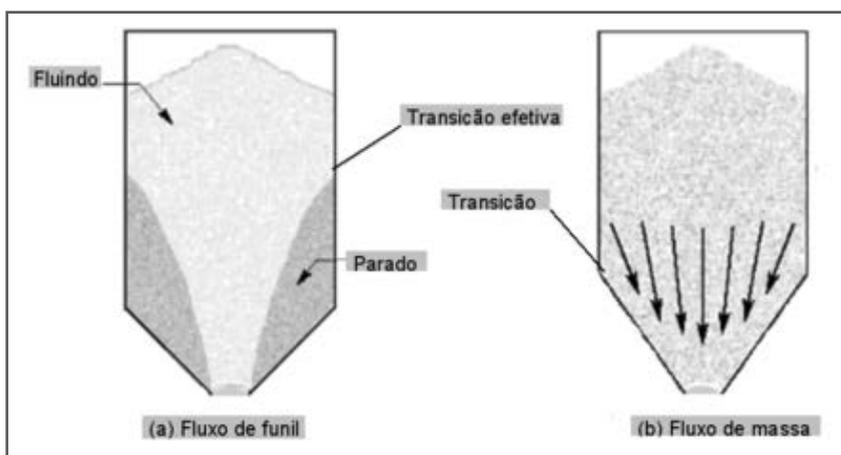


Figura 1 – Tipos de fluxo dentro de um silo. Fonte: Adaptado de Palma, 2005.

Os dados gerados pela simulação foram validados com o auxílio de um aparato experimental de baixo custo composto por uma estrutura de madeira de sustentação do silo e tubulações de policloreto de vinila (PVC) e o pacote granular composto por esferas de vidros, as quais possuem um coeficiente de coesão muito baixo e um fator de forma próximo de um, o que aproxima bastante às características das esferas perfeitas criadas no software. Os dados experimentais foram confrontados com os simulados e obteve-se uma forte correlação entre eles.

Ademais, comparou-se os resultados das simulações com os dados gerados nos ensaios do escoamento de areia de quartzo de leito de rio em um silo de garrafa PET no primeiro estágio do projeto. Esta análise também forneceu um alto índice de correlação.

## 2. Objetivos

o principal objetivo deste projeto foi utilizar técnicas computacionais para simular o escoamento de grãos dentro de silos analisando a influência das principais variáveis no fluxo das partículas. Para tal foi utilizado técnicas de CFD no software Blender, versão 2.70. Os dados foram validados com base em ensaios experimentais.

## 3. Metodologia

a simulação do fluxo de grãos e o modelamento do silo foram feitos no Blender. O software contém várias ferramentas de Computer Aided Design (CAD) o que facilitou a modelagem do silo. Para a geração do pacote granular, criou-se uma esfera com as propriedades específicas e multiplicou-a até a quantidade desejada. A posição de cada esfera dentro do silo podia ser escolhida manualmente. Entretanto, segundos depois, ou até milissegundos dependendo do número de esferas, do início da descarga, o pacote granular tendia a ocupar o menor espaço possível dentro do silo, como mostrado na Figura 2.

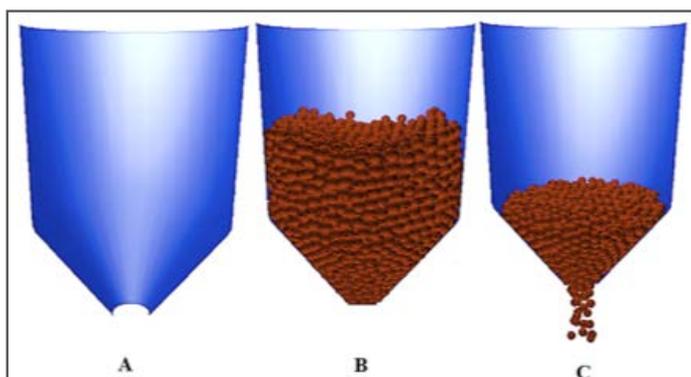


Figura 2 – Representação do silo no Blender: (A) vazio, (B) cheio e (C) em descarregamento. Fonte: autoria própria.

Foram feitas simulações variando o tamanho, número de partículas e inclinação da tremonha, verificando a influência de tais parâmetros no tempo de descarregamento do silo. Após o final da simulação era verificado na timeline do simulador o tempo gasto no descarregamento do silo em frames. Tal valor era então inserido numa tabela, que representa a variação do tempo em relação a uma das variáveis supracitadas. Por fim, obtiveram-se os gráficos representativos de tais relações.

A fase de ensaios consistiu, primeiramente, em criar um aparato composto por uma estrutura de madeira e um silo de PVC, representado na Figura 3 (as dimensões dos silos estão representadas na Figura 4). Após isso, separou-se a quantidade de esferas a serem utilizadas em cada ensaio através da massa de cada montante desejado, haja visto que conhecia-se o diâmetro – e consequentemente o volume – e a massa específica do material. Obstruiu-se o orifício de descarga com uma moeda e inseriu as partículas dentro do silo. Com uma câmera Câmera fotográfica Sony DSC P200 com tripé filmou-se cada ensaio gerando vídeos que eram importados para o programa VirtualDub, no qual consegue-se observar o momento exato do início e fim do descarregamento, permitindo encontrar o período de escoamento em frames por segundo. Tal informação foi relacionada com o número de esferas através da construção de tabelas e gráficos no Microsoft Office Excel 2013.



Figura 3 – Aparato experimental criado para validar o simulador. Fonte: autoria própria.

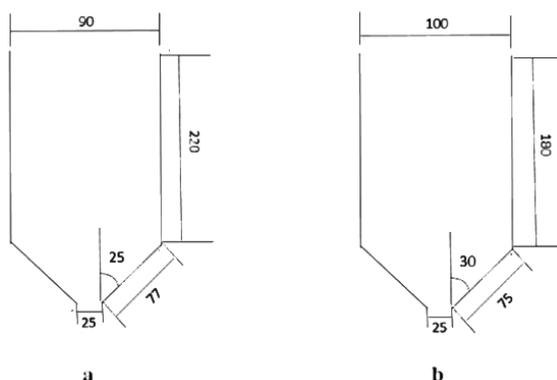


Figura 4 – Dimensões dos silos utilizados: (a) Garrafa PET e (b) Silo de PVC. Comprimentos em milímetros e ângulos em graus. Fonte: autoria própria

Os resultados das simulações e dos ensaios foram confrontados a fim de validar o simulador. Além disso, fez-se uma comparação com resultados encontrados no início deste projeto quando os ensaios eram realizados com areia de quartzo de leito de rio e garrafas de Politereftalato de Etileno (PET).

## 4. Resultados e discussões

a tabela 1 apresenta os resultados das simulações utilizando o Blender alterando o número de partículas dentro do silo para uma mesma granulometria (8#) e inclinação da tremonha de 25°. Tais resultados foram plotados no gráfico 1, onde percebe-se a forte correlação linear ( $R^2 = 0,9764$ ) entre o número de partículas e o tempo de descarregamento.

Os testes experimentais foram realizados alterando o número de esferas de vidro dentro do silo para avaliar a influência desta variável no tempo e comparar com os resultados das simulações. Foram utilizados tamanhos de 4, 6 e 8# nos testes com o silo de PVC. A tabela 2 mostra a quantidade de esferas de vidro utilizadas para cada tamanho, bem como o tempo de descarregamento obtido. O volume do silo (1,64 L) limitou o número máximo para cada tamanho de esferas utilizado. O gráfico 2 apresenta os resultados obtidos para as três granulometrias de esferas testadas. A correlação linear foi novamente obtida para todas as granulometrias.

Tabela 1 – Relação entre o tempo de descarga e o número de partículas.

Fonte: autoria própria.

Nº de partículas	Tempo (s)	Tamanho	Inclinação da tremonha
0	0,00		
293	2,50		
784	4,50		
999	5,50	8#	25°
1420	6,75	(2,38 mm)	
2056	9,13		
2692	11,50		
3514	15,33		

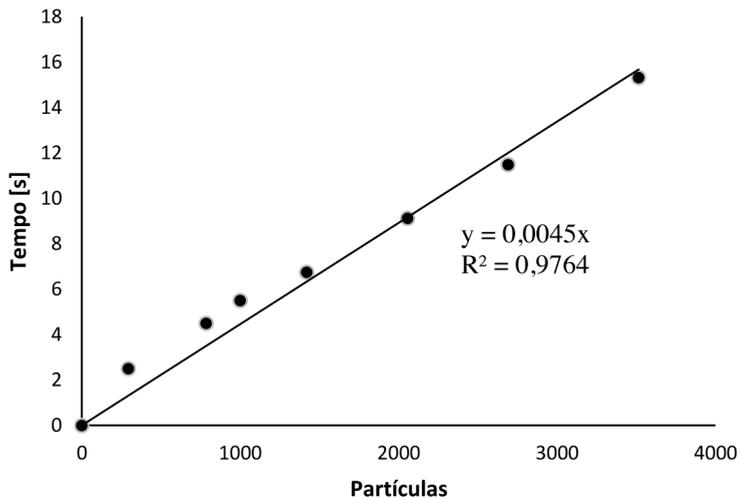


Gráfico 1 – Número de partículas versus o tempo de descarregamento nas simulações. Fonte: autoria própria.

Tabela 2 – Número e tamanho das esferas e o tempo de descarga nos testes com o silo de PVC. Fonte: autoria própria.

Número de esferas	Tempo (s)		
	4#	6#	8#
0	0,00	0,00	0,00
5000	5,25	1,79	0,58
10000	8,19	3,49	1,08
15000	15,76	5,29	1,57
20000	20,62	7,03	2,11
30000	-	9,49	2,99
40000	-	13,56	3,6
60000	-	-	5,63

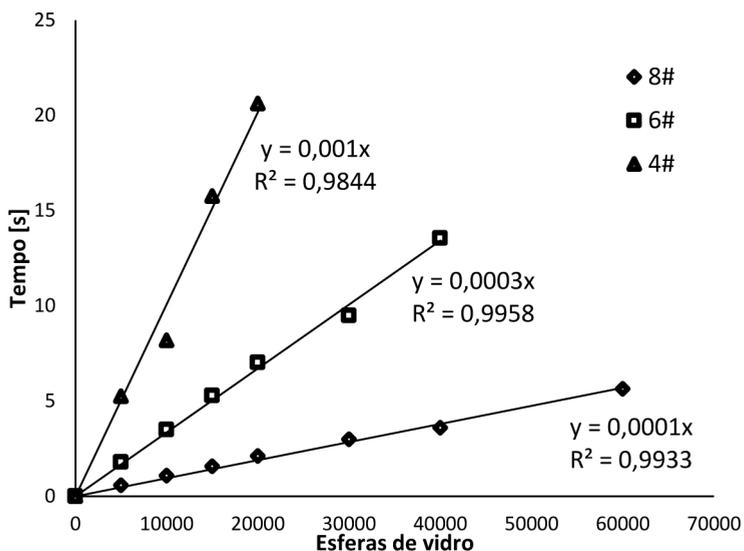


Gráfico 2 – Número de esferas de vidro versus o tempo de descarregamento nos testes com o silo de PVC. Fonte: autoria própria

O gráfico 3 apresenta os resultados encontrados nos testes realizados com o silo de garrafa PET e areia de quartzo. O coeficiente linear da reta e o tamanho das partículas decrescem juntos.

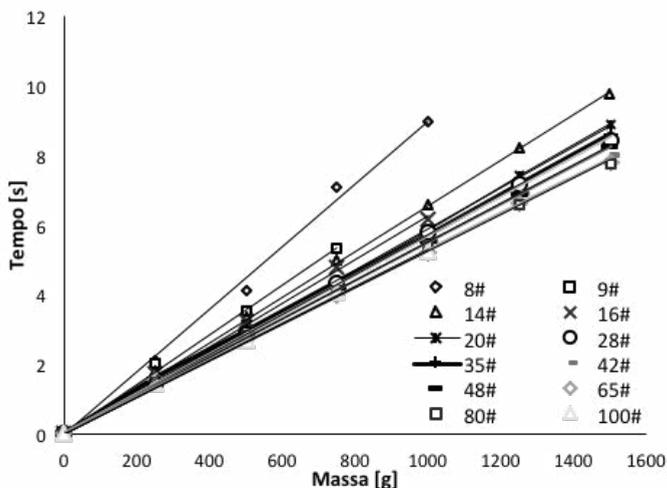


Gráfico 3 – Relação entre a massa e o tempo de descarregamento nos testes com areia de quartzo e garrafa PET. Fonte: autoria própria

O resultado das simulações e testes com areia e esferas de vidro mostraram que a variação entre o tempo de descarregamento e o número de partículas dentro do silo ocorre linearmente. O coeficiente linear desta variação depende de outras variáveis do sistema. Isto envolve algumas características das partículas como tamanho (a Figura 8 representa isto muito bem), rugosidade, esfericidade, entre outras, e da geometria do silo. A tabela 3 apresenta os respectivos coeficientes lineares e de variação das diferentes avaliações considerando o mesmo tamanho (8#).

Tabela 3 – Resultados dos ajustes lineares para os dados simulados e experimentais. Fonte: autoria

Índice	Simulação	Areia	Esfera de vidro
a	0,0045	0,009	0,0001
b	0	0	0
R <sup>2</sup>	0,9764	0,9946	0,9933

Como mostrado na tabela 3, o coeficiente linear da reta que representa os resultados da areia de quartzo é o dobro do simulado e 90 vezes maior que o coeficiente dos testes com esferas. Isto mostra a importância da geometria do silo, pois o silo modelado no Blender tinha a mesma geometria e dimensões que o silo de garrafa PET usado nos testes com areia de quartzo e isto aproximou o valor de ambos os coeficientes. A explicação sobre um ser o dobro com relação ao outro é a diferença entre a escoabilidade das partículas nos dois sistemas. As esferas modeladas tiveram um fator de forma igual a um e não existiu fricção entre elas, isto facilitou o fluxo e reduziu o tempo de descarga. A areia de quartzo é um material coesivo e a forma destas aproxima-se de uma esfera, porém com fator de forma desconhecido, além disso, esteve exposta e sujeita a alterações de umidade, por exemplo.

A maioria das esferas de vidro tinha fator de forma próximo a um e a fricção entre elas era desprezível, logo o fluxo ocorreu de forma mais rápida que com a areia, mas não necessariamente que o simulado. Isto mostra o quanto é importante a geometria do silo num sistema de fluxo de grãos. A tabela 4 apresenta a variação do tempo de descarregamento e o tamanho das partículas nas simulações, sendo apresentado no gráfico 4 o ajuste parabólico obtido para esferas de 8 mm de diâmetro. Desta forma, fica evidente que existe uma relação entre o tempo de descarregamento e o tamanho das partículas. Esta é representada por um ajuste polinomial de grau dois que demonstra o aumento significativo no tempo de escoamento quando aumenta-

se o tamanho das partículas, ou seja, existe um tamanho específico que impede o fluxo. A figura 5 representa a simulação em que o fluxo foi interrompido por arcos de tensões depois da última esfera cair.

Tabela 4 – Resultados simulados entre o tempo de descarregamento e tamanho de partícula. Fonte: autoria própria.

Tamanho	Tempo (s)	Nº de partículas	Inclinação da tremonha
5/16 # (8,00 mm)	120,43	500	60°
4# (4,76 mm)	29,58		
6# (3,36 mm)	12,08		
8# (2,38 mm)	6,50		
10# (2,00 mm)	4,58		
14# (1,41 mm)	2,83		

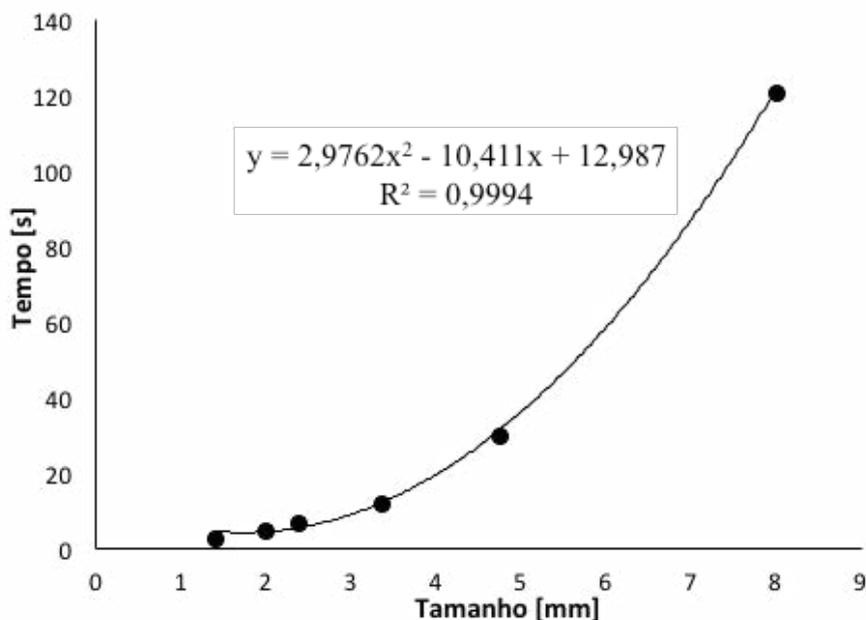


Gráfico 4 – Tamanho versus tempo de descarregamento para os dados simulados (esferas com 8 mm de diâmetro). Fonte: autoria própria.

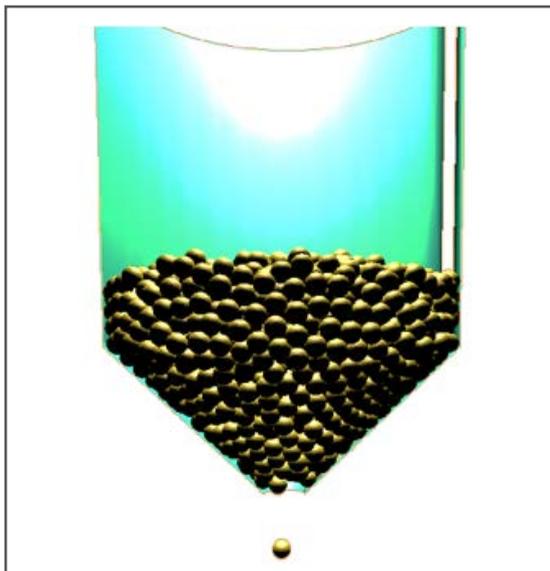


Figura 5 – Arco de tensões dentro do silo impedindo o fluxo granular.

Fonte: autoria própria.

Arcos de tensão ocorrem porque a compressão entre os grãos adquire força o suficiente para suportar o próprio pacote granular e impedir o fluxo. É recomendável utilizar um diâmetro igual ou maior que o tamanho da partícula multiplicado por oito para materiais sem coesão (Palma, 2005). O número máximo de esferas utilizado nas simulações (3514) não foi maior porque os arquivos gerados na simulação atingiram tamanho de até 1,6 GBytes, necessitando assim de grandes recursos computacionais para executar simulações com mais esferas.

Os resultados simulados encontrados entre o tempo de descarregamento do silo e a inclinação da tremonha são mostrados na tabela 5. O gráfico 5 apresenta a influência da inclinação da tremonha no descarregamento do silo, representada por um polinômio de 3º grau, onde o tempo máximo ocorre com a inclinação próxima a 90° e o mínimo em 0° (ou sem tremonha), sendo este ângulo medido entre o eixo longitudinal do silo e a parede da tremonha (vide figura 4).

Inclinação da tremonha (°)	Tempo (s)	Nº de partículas	Tamanho
0	0		
25	17,17		
45	29,17	500	4#
60	29,58		(4,76 mm)
75	32,83		

Tabela 5 – Resultados simulados para a variação inclinação da tremonha e o tempo de descarregamento. Fonte: autoria própria.

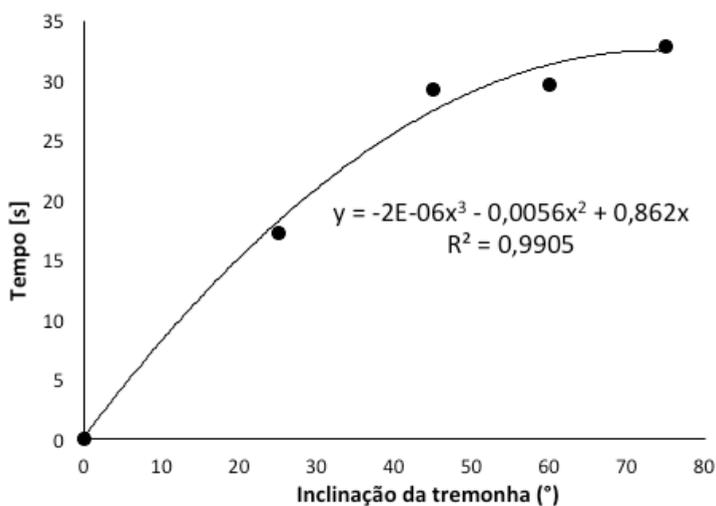


Gráfico 5 – Inclinação da tremonha versus tempo de descarregamento para os dados simulados. Fonte: autoria própria.

## 5. Conclusões

de acordo com as simulações e testes, a correlação entre a quantidade de partículas dentro do silo e o tempo de descarregamento é linear. O tamanho das partículas deve ser rigorosamente controlado junto com a geometria do silo para prevenir problemas com arcos de tensões e, conseqüentemente, obstrução do fluxo. As simulações mostraram isto muito bem. A correlação não-linear entre a inclinação da tremonha e o tempo de descarregamento mostrou que esta é uma variável

importante da geometria do silo.

Portanto, conclui-se que a previsão do tempo de descarregamento em silos depende de um conhecimento de alto nível das propriedades físicas das partículas, como esfericidade e coesão. Logo, o dimensionamento destes equipamentos visando a eliminação de arcos de tensão é um estudo profundo e não deve ser generalizado. Cada situação envolve particularidades decorrentes do manuseio do material que devem ser conhecidas. Assim, esta prevenção sempre irá requerer testes e, muitas vezes, o processo pode apresentar grandes diferenças entre o experimental e a realidade porque as condições de armazenamento, muitas vezes, não podem ser reproduzidas.

## **6. Agradecimentos**

Os autores agradecem ao apoio financeiro, imprescindível para o desenvolvimento do presente trabalho, das agências brasileiras de fomento à pesquisa CNPq, CAPES, FAPEG e FUNAPE e à Universidade Federal de Goiás, pelo apoio dado ao mesmo.

---

## Granular flow in silos

**Abstract:** The handling grains always need a storage that prevents the loss of materials and make easy the following operations, which often happen in silos or stoke piles. Some disadvantages occur, like the environmental exposure and the difficulty in feeding downstreams operations. The silos keep the particles in a closed volume and direct the flow during the discharge to an orifice, so it has been a very efficient alternative in the use of wispy grain and for subsequent handling. However, the knowledge about the properties of the particles like density, size, friction angle and attrition are important, because in combination with the silo geometry and the amount of grains may cause tension arcs in the outflow and stop it. The present work was developed to find relationships between the flow time and these variables. Using the modeling and 3D simulation software Blender, version 2.68, created by Blender Foundation with free access, and the methodology based on Computer Fluid Dynamics (CFD) tools. On simulations, it was noticed the importance of particles flow ability in the flow time, which is conditioned, mainly, by the grains size and angle of flow. The humidity and the time that the granular package had been in the silo before outflowed were undervalue, but can influence in the flow time.

**Keywords:** Granular flow; Silos; Computer simulation.

---

## Referências bibliográficas

ALLEN M. P., TILDESLEY, D. J. **Computer Simulation of Liquids**. New York: Oxford University Press, 1987. 408 p.

ARAÚJO, E.C. (1997) **Estudo Teórico e Experimental de Tremonhas Piramidais para Silos Metálicos Elevados**. 317p. Tese de Doutorado da Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 1997.

CALIL Jr., C. (1990). **Recomendações de Fluxo e de Cargas para o Projeto de Silos Verticais**. Tese de Livre Docência. EESC - USP. 198 p.

DEGREZ, G. DEGROOTE, J., GRUNDMANN, R., VIERENDEELS, J., DICK, E., JUNIOR, J. D. A. **Computational Fluid Dynamics**. WENDT, J. F. (editor). Ed. Springer. P. 6-7. 2009.

FONTES, C. E., RIBEIRO JÚNIOR, C. P., RODRIGUES, R. C., SILVA, L. F. L. R. **Fluidodinâmica Aplicada a Processos Químicos. Programa de Engenharia Química.** UFRJ. Rio de Janeiro, 2004.

FREITAS E. G. **Estudo teórico e experimental das pressões em silos cilíndricos de baixa relação altura/diâmetro e fundo plano.** 175p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2001.

HERRMANN, H. J., LUDING, S. **Modeling granular media on the computer.** Continuum Mechanics and Thermodynamics, v. 10, n. 4, p. 189–231, 1998.

LANGSTON, P. A., TUZUN, U., HEYE, D. M. **Discrete element simulation of granular flow in 2d and 3d hoppers: dependence of discharge rate and wall stress on particle interactions.** Chemical Engineering Science, v. 50, n. 6, p. 967–987, 1995.

PALMA, G. **Pressões e Fluxo em Silos Esbeltos ( $h/d \geq 1,5$ ).** Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2005.

RAPAPORT, D. C. **The Art of Molecular Dynamics Simulation.** 2. ed., Cambridge: Cambridge University Press, 2004. 564 p.

# 12

## CAPÍTULO

### **DESAGUAMENTO DE LAMA DE ROCHA FOSFÁTICA: PASTA MINERAL**

**Vaz, J. 1;**  
**Silva, A.C. 2\*;**  
**Silva, E.M.S. 2;**  
**Araujo, V.R. 1**

1 Graduando em Engenharia de Minas, Universidade Federal de Goiás;

2 Prof. Departamento de Engenharia de Minas, Universidade Federal de Goiás;

\* **email: [ancarsil@ufg.br](mailto:ancarsil@ufg.br)**

---

**Resumo:** O desaguamento é uma das operações unitárias industriais mais importantes e é amplamente adotada em diferentes indústrias. Atualmente, a disposição dos rejeitos do processamento mineral é um grande problema, devido ao impacto ambiental gerado. O processamento da rocha fosfática na Anglo American Fosfato Brasil, situada em Catalão/GO gera aproximadamente 180 t/h de rejeitos de 480 t/h alimentadas na usina (aproximadamente 37,5% da alimentação da usina), com 5 a 10% de sólidos e aproximadamente 14% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Atualmente os rejeitos são encaminhados diretamente para a barragem de rejeitos. O presente trabalho propõe a geração de pasta produzida a partir do rejeito gerado na usina. O líquido clarificado, obtido através de ensaios de sedimentação, foi drenado e a polpa remanescente foi encaminhada para o segundo estágio, consistindo de filtragem a vácuo. A adição de floculante permitiu uma taxa de sedimentação mais rápida e uma performance mais alta no estágio de desaguamento, sendo o último devido ao fato do material floculado ter sido retido pelo meio filtrante e não passar pelo mesmo, fato que ocorria sem a adição do mesmo. Os resultados obtidos foram satisfatórios para a produção de pasta usando rejeito com aproximadamente 65% de porcentagem de sólidos.

**Palavras-chave:** Lama de rocha fosfática; Pasta mineral; Desaguamento

---

Vaz, J.; Silva, A.C.; Silva, E.M.S.; Araujo, V.R.. "DESAGUAMENTO DE LAMA DE ROCHA FOSFÁTICA: PASTA MINERAL", p.121-134. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3306>

## **1. Introdução**

Os rejeitos gerados durante as etapas de concentração de minérios oferecem uma série de problemas ambientais relacionados à sua disposição, normalmente sob a forma de barragens, as quais demandam grandes áreas, contamina os recursos hídricos, possuem elevado custo de construção, além de ser exigido por lei um longo tempo de monitoramento desse passivo ambiental. Com isso, estudos relacionados com a disposição de rejeitos na forma de pasta mineral são corroborados em muitos países, já que esse método oferece maior recuperação e recirculação de água, menores custos de investimento e operação e menor impacto ambiental.

Geralmente, os minérios requerem processamento a úmido, sendo, então,

necessário que se recupere a maior parte da água adicionada durante a operação industrial. A separação sólido-líquido se torna, portanto, uma importante etapa no âmbito do processamento mineral. Este processo tem sido bastante estudado devido não só ao aspecto de recuperação da água, recurso cada vez mais escasso e oneroso para a indústria, bem como ao grande consumo energético (Amarante, 2001).

Segundo França e Massarani (2004) a sedimentação é um dos processos de separação sólido-líquido baseada na diferença entre as densidades dos constituintes de uma suspensão; a remoção das partículas sólidas presentes em uma corrente líquida se dá pela ação do campo gravitacional, o que oferece ao processo as características de baixo custo e grande simplicidade operacional. A larga utilização industrial dos sedimentadores promove um crescente interesse no conhecimento do dimensionamento e operação desses equipamentos, com a finalidade de melhorar a sua utilização e eficiência no atendimento aos objetivos operacionais.

No caso de suspensões/polpas minerais contendo partículas menores do que 10  $\mu\text{m}$ , o processo de separação sólido-líquido é extremamente afetado pelo efeito de dispersão das partículas, causado pelo movimento browniano característico dos coloides, o qual dificulta a sedimentação. Nestes casos, deve-se avaliar a necessidade de aglomeração prévia das partículas – coagulação/floculação – antes de submetê-las à operação de separação propriamente dita. A presença de partículas ultrafinas tem efeito nas eficiências de espessamento, reduz as taxas de filtragem e pode acumular mais umidade que a desejada nas tortas oriundas da filtração. Por isso, a importância do pré-tratamento dessas polpas.

Segundo Hogg (1999), a floculação é um processo de agregação de partículas finas dispersas em flocos. O processo envolve três etapas principais:

- Desestabilização da suspensão de partículas finas, isto é, eliminação de qualquer repulsão entre partículas devida às cargas elétricas etc., que se opõem à agregação;
- Formação e crescimento do floco, isto é, o desenvolvimento de agregados partícula-partícula por colisão e adesão;
- Degradação do floco, isto é, mecanismos de quebra devido ao cisalhamento, turbulência etc., no rejeito.

O espessamento é a operação de separação de uma suspensão de sólidos para obter uma polpa mais densa e uma fase líquida clarificada. O mecanismo clássico dessa operação é a sedimentação influenciada pela força da gravidade, em tanques cilíndricos que, normalmente, são construídos de diferentes materiais, tais como: madeira, aço ou cimento. Nos espessadores convencionais, a polpa é alimentada pela parte superior e no centro do tanque, permitindo sua saída através de duas

aberturas, uma no centro do fundo e outra na periferia da parte superior do tanque através de uma calha que circunda o mesmo. Pela abertura do fundo, há descarga da polpa e pelo vertedouro se obtém o líquido clarificado. Um conjunto de pás acionado pelo eixo ligado ao centro do tanque leva o material sedimentado até a abertura de descarga. Os espessadores pequenos podem apresentar fundo plano, mas comumente este fundo tem uma pequena inclinação em direção ao centro, facilitando a descarga do produto (Barreda e Valadão, 2008).

Segundo Massarani (2001) o projeto de sedimentadores contínuos está relacionado ao cálculo da área da seção de sedimentação e da altura do equipamento, sendo que os dados necessários para o dimensionamento de um sedimentador contínuo, bem como outras informações operacionais desta unidade, são determinados por meio de ensaios práticos utilizando provetas de 2,0 L em laboratório.

Oliveira et alii (2004) definem a filtração como o processo de separação sólido-líquido através de um meio poroso (meio filtrante) que retém os sólidos e permite a passagem do líquido. Na indústria mineral, é aplicada normalmente após o espessamento.

A escolha do meio filtrante é um dos aspectos mais importante para que se tenha uma filtração eficiente. Sua função é atuar como um suporte para a torta formada. Uma das características mais importantes necessárias ao meio filtrante escolhido é sua capacidade de reter sólidos sem cegamento dos poros que permitem a passagem do líquido, além de ser mecanicamente forte e resistente à corrosão. Usualmente, realiza-se a desobstrução do meio filtrante através do sopro realizado na descarga da torta.

De acordo com Wills e Napier-Munn (2006), os meios filtrantes podem ser fabricados a partir de algodão, lã, linho, juta, nylon, seda, fibra de vidro, carbono poroso, metais, rayon e outros produtos sintéticos. No entanto, novos materiais têm surgido com o intuito de substituir os materiais usualmente utilizados. Dentre esses materiais destacam-se as mantas geotêxteis.

Lima (2003) apud Schujmann (2010) define os geotêxteis como sendo mantas permeáveis, flexíveis e finas produzidas a partir de fibras sintéticas ou naturais. Os geotêxteis apresentam algumas vantagens em relação aos meios filtrantes convencionalmente utilizados, tais como: menor espessura, características definidas e controladas, por se tratar de um produto produzido industrialmente, facilidade de instalação, manutenção e baixo custo.

Os geotêxteis podem ter os poros colmatados por partículas finas em suspensão (diâmetro médio de 7 a 50  $\mu\text{m}$ ) durante a filtração mecânica. As partículas coloidais podem ser capturadas pelos poros por interações físicas, eletrostáticas ou químicas. Em condições desfavoráveis para interações químicas e eletrostáticas, o

comportamento dos coloides pode ser diferente das partículas de granulometria maior em que não serão mecanicamente filtradas, seguindo assim o fluxo do líquido.

Segundo Osório et alii (2008), uma pasta mineral pode ser conceituada como um sistema coloidal que se apresenta como um fluido homogêneo, no qual não ocorre a segregação granulométrica das partículas e que, ao ser disposto suavemente em superfícies estáveis, não apresenta drenagem significativa de água.

Uma definição simples e prática de pasta mineral, de acordo com Theriault et alii (2001), é que são rejeitos que devem ser suficientemente desaguados, apresentam uma velocidade de fluxo crítica quando são bombeados, não sofrem segregação quando são depositados e produz um mínimo de água quando são descarregados a partir de tubulações.

## 2. Metodologia

as amostras de rejeito de rocha fosfática utilizadas foram provenientes da empresa Anglo American Fosfato Brasil, situada na cidade de Catalão/GO, Brasil, e correspondiam à lama gerada no circuito de cominuição da empresa, sendo hoje a mesma descartada na barragem de rejeitos.

Para determinação do melhor floculante a ser utilizado, foram realizados testes de sedimentação livre em provetas de 2,0 L. Inicialmente as amostras foram homogeneizadas e volumes de 2,0 L foram coletados para alimentação das provetas. Foram utilizados nove floculantes de três fabricantes diferentes, de forma a determinar qual apresentaria maior eficiência em relação à formação dos flocos, tempo de sedimentação e estabilidade dos flocos na filtragem a vácuo. Os floculantes utilizados são apresentados no quadro 1.

Quadro 1 – Floculantes testados e sua descrição. Fonte: Autoria própria.

Fabricante	Nome comercial	Descrição
BASF	Magnafloc 10	Poliacrilamida ligeiramente aniônica, de peso molecular muito elevado
	Magnafloc 155	Poliacrilamida aniônica de elevado peso molecular
	Magnafloc 351	Poliacrilamida não-iônica de alto peso molecular
	Magnafloc 1011	Poliacrilamida aniônica de peso molecular muito elevado

Clariant	Bozefloc A61 BT	Copolímero de acrilato de sódio e acrilamida
	Bozefloc C630	Copolímero de acrilato de sódio e acrilamida
Kemira	Superfloc A-100	Poliacrilamida aniônica de alto peso molecular e com grau muito baixo de carga aniônica
	Superfloc A-130	Poliacrilamida aniônica de alto peso molecular e com grau médio de carga aniônica
	Superfloc C-492	Poliacrilamida de alto peso molecular e carga catiônica relativa muito baixa
	Superfloc C-494	Poliacrilamida de alto peso molecular e carga catiônica relativa média

O controle de pH foi realizado em pHmetro modelo T-1000 da Gehaka, sendo todos os testes realizados em pH 7. Após a sedimentação o líquido clarificado gerado era drenado, sendo a sua turbidez medida com o auxílio de um turbidímetro portátil digital modelo HI 93703C da Hanna Instruments. O material floculado era filtrado a vácuo por seis minutos utilizando uma bomba de vácuo Prismatec 132 ligada a um frasco de Kitassato de 2000 mL. Um suporte para o filtro de foi acoplado ao Kitassato, onde foram colocados o material ser filtrado e o meio filtrante (na forma de discos de 13 cm de diâmetro). A figura 1 apresenta o aparato experimental utilizado para a realização dos ensaios de filtragem a vácuo. Para a realização dos ensaios de filtragem a vácuo estabeleceu-se o uso do floculante Superfloc A-100 da Kemira na dosagem de 20 mL/L devido bom resultado obtido nos testes de floculação bem como ao fato do mesmo gerar flocos passíveis de filtragem. Em testes com os outros floculantes os flocos gerados eram completamente destruídos na filtragem a vácuo, impedindo assim a retida do líquido. O quadro 2 apresenta os meios filtrantes utilizados nos ensaios.



Figura 1 – Filtro a vácuo utilizado nos testes. Fonte: Autoria própria.

Quadro 2 - Meios filtrantes usados nos testes. Fonte: Autoria própria.

Fabricante	Meios filtrantes	Fibra	Permeabilidade [m <sup>3</sup> /min/m <sup>2</sup> ]
Remae	1097-EL	Nylon, múltiplos fios	7,0 – 14,0
Remae	1097-TE	Nylon, múltiplos fios	1,5 – 6,0
Remae	1142-T	Nylon, múltiplos fios	10,0 – 16,0
Remae	4230-T	Polipropileno, com fio simples	60,0 – 80,0
Remae	4233-TC	Polipropileno, com fio simples	15,0 – 20,0
Remae	4400-T	Polipropileno, com fio múltiplo	0,6 – 1,2
Remae	4520-T	Polipropileno, com fio múltiplo	1,5 – 5,0
Remae	4710-T	Polipropileno, com fio múltiplo	0,3 – 0,5
Bidim geo.	CC-10	Geotêxtil não-tecido 100% poliéster	4,2 – 7,2

Após a filtragem a pasta gerada era encaminhada para secagem em estufa a uma temperatura de 120 °C por cinco horas. Tanto a pasta seca gerada, quanto o meio filtrante usado foram pesados após a secagem, de modo a permitir o cálculo da porcentagem de sólido na pasta produzida.

### 3. Resultados e discussões

a análise química das amostras de rejeitos de rocha fosfática utilizada neste trabalho foi obtida por difração de raios-X, e é apresentada no quadro 3. A análise granulométrica é dada no quadro 4. Ambas as análises foram realizadas pela Anglo American Fosfato Brasil.

Quadro 3 – Composição do rejeito da rocha fosfática (em óxidos).

Fonte: Autoria própria.

Óxido	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	BaO	MgO	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
%	14,20	17,26	1,96	25,03	22,36	1,69	2,33	0,63

Quadro 4 – Análise granulométrica dos rejeitos da rocha fosfática.

Fonte: Autoria própria.

Malha [#]	200	270	325	400	-400
% passante acumulada	15,97	21,78	25,36	26,38	100,00

Os gráficos 1, 2 e 3 mostram os resultados médios para os ensaios de sedimentação. Cada teste foi realizado três vezes. Em todos os testes, o pH foi ajustado a sete, para evitar fases adicionais de tratamento de água em uma possível utilização industrial.

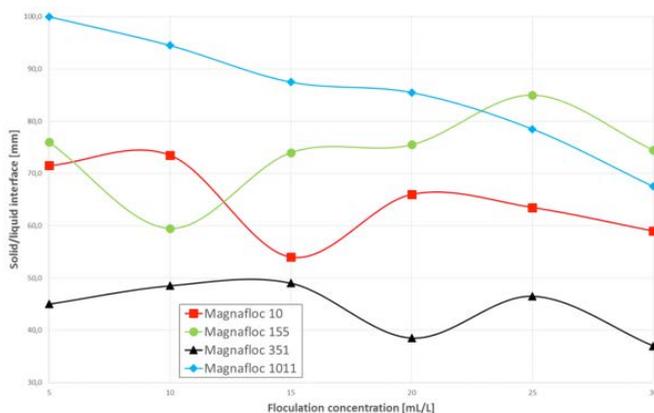


Gráfico 1 – Resultados dos testes com floclantes produzidos pela Basf.

Fonte: Autoria Própria

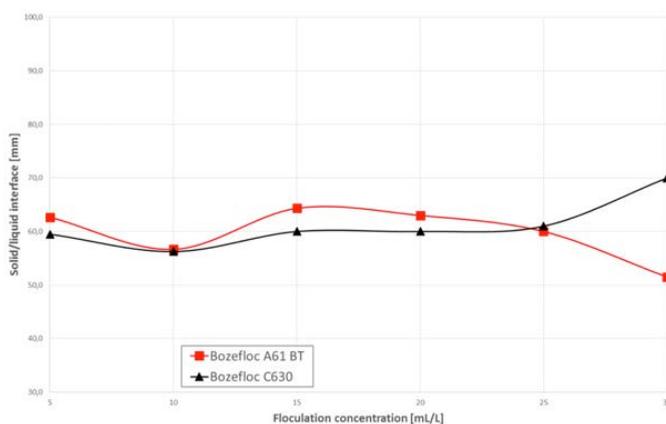


Gráfico 2 – Resultados dos testes com floclantes produzidos pela Clariant.

Fonte: Autoria própria.

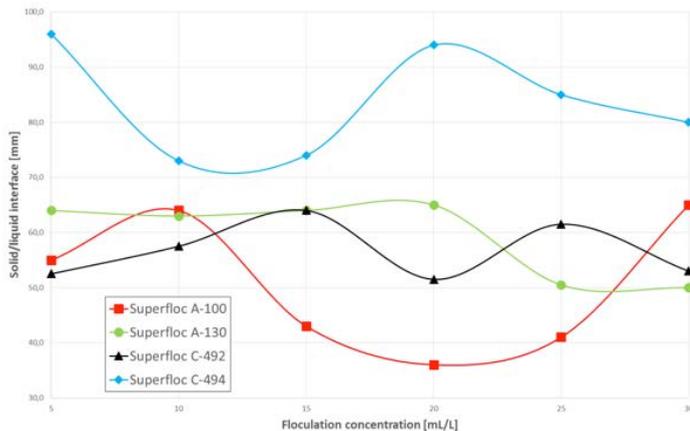


Gráfico 3 – Resultados dos testes com floclulantes produzidos pela Kemira.  
 Fonte: Autoria Própria

O gráfico 4 mostra a relação entre o tempo de sedimentação das partículas em relação a interface sólido/líquido, no teste de sedimentação livre utilizando o floclulante, Kemira Superfloc A-100 na concentração de 20 mL / L e a figura 6 traz o material já floclulado com a utilização do mesmo. A figura 2 apresenta o rejeito de rocha fosfática floclulado com o reagente Kemira Superfloc A-100 na concentração de 20 mL/L ao final do teste de sedimentação em proveta de 2,0 L.

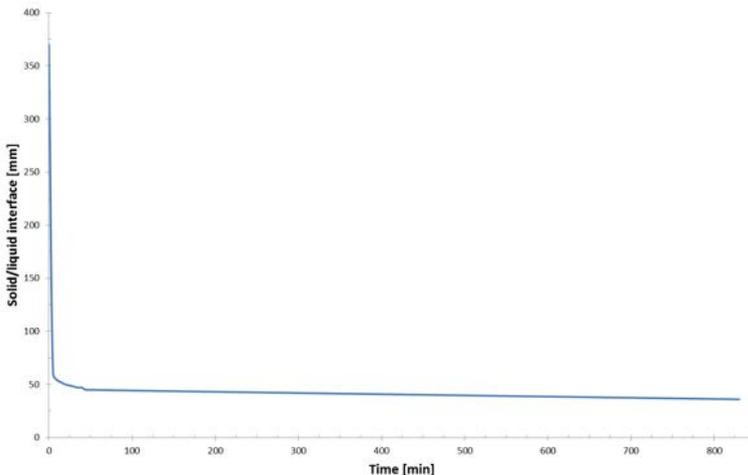


Gráfico 4 – Tempo de sedimentação versus a altura da interface sólido / líquido para o Kemira Superfloc A-100 na concentração de 20 mL / L. Fonte: Autoria própria.

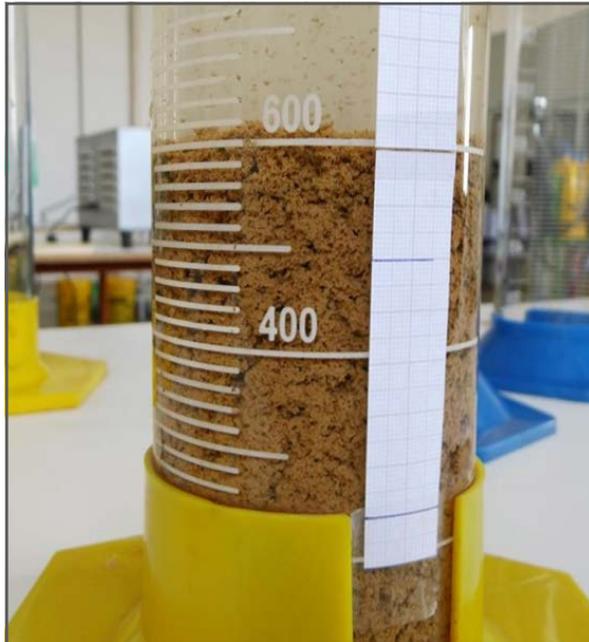
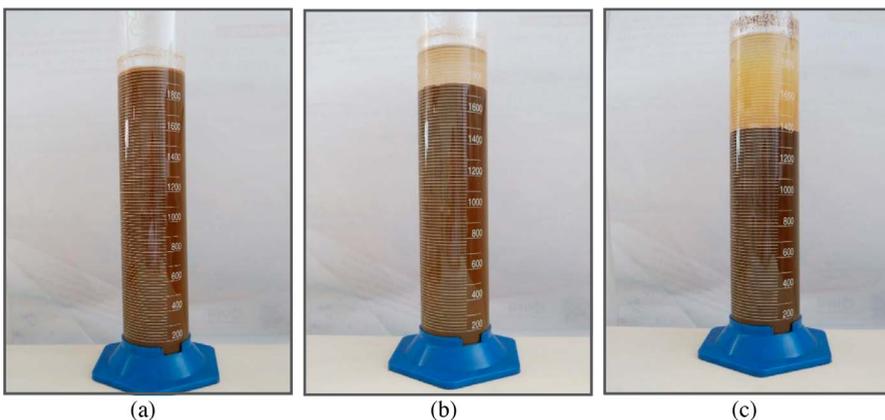


Figura 2 – Rejeito de rocha fosfática flocculado com Kemira Superfloc A-100 na concentração de 20 mL / L. Fonte: Autoria própria.

A figura 3 apresenta seis diferentes estágios de um teste de sedimentação em proveta de 2,0 L. Pode-se notar que no início do testes (figura 8a) a polpa está homogeneamente distribuída em toda proveta e, com o passar do tempo, é possível notar a formação de uma interface entre a fase líquida e a fase líquido + sólido, ou zona difusa (figura 4b a 4e). A figura 4f apresenta o líquido produzido após ser drenado da proveta no final do teste.



(a)

(b)

(c)

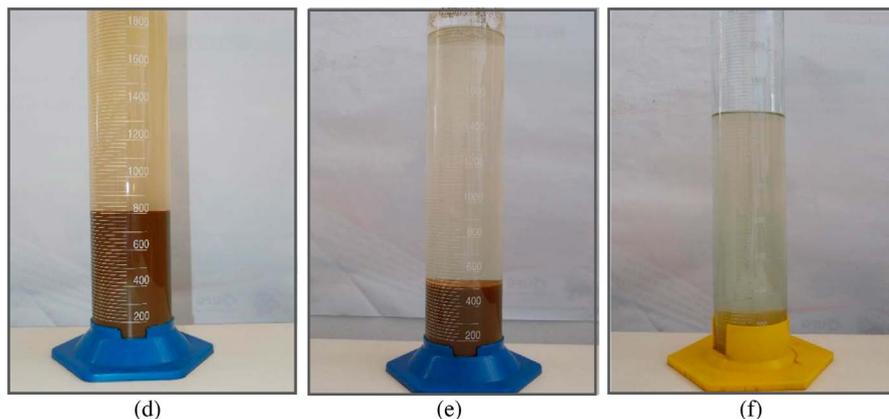


Figura 3 – Sequência mostrando seis diferentes momentos de um teste de sedimentação em proveta de 2,0 L. Fonte: Autoria própria.

A figura 4 apresenta seis pastas geradas nos testes. Pode-se perceber que ainda existe água presente na mesma, mas que a textura e reologia do material gerado é visualmente compatível com o esperado para as pastas minerais.

O quadro 5 mostra os resultados obtidos dos testes de filtragem a vácuo, mostrando o volume de líquido filtrado, e percentagem em massa de sólidos na pasta e a queda de pressão desde o início até ao final dos testes. Uma pressão de vácuo elevado indica uma alta permeabilidade de ambos os meios filtrantes e polpa, enquanto que uma pressão baixa de vácuo indica uma baixa permeabilidade. Pode-se notar que os melhores resultados (meio filtrante Remae 4230-T e 4233-TC) de acordo com a percentagem de sólidos na pasta, a queda de pressão era de zero, embora ambas as pressões iniciais e finais de vácuo foram baixas. Isto é explicado pela presença de dutos capilares na pasta, que permitem a passagem de um fluxo de água, porém não de forma espontânea. Para os outros meios filtrantes foi notada a obstrução de poros dos mesmos após os testes, necessitando de uma limpeza para remoção de partículas restantes, o que explica a queda de pressão. Para esses ensaios, a altura da pasta era superior e a percentagem de sólidos mais baixa.





Figura 4 – Pastas minerais produzidas a partir do rejeito de rocha fosfática.

Fonte: Autoria própria.

Meios Filtrantes	Floculante (mL)	Filtrado (mL)	Massa da pasta (g)	Perc. de sólidos (%)	Pressão (mm Hg)	
					Inicial	Final
1097-EL	615,00	440,00	112,49	59,53	-500,00	-350,00
1097-TE	190,71	128,57	81,90	54,59	-400,00	-302,86
1142-T	161,67	96,67	83,17	52,32	-390,00	-316,67
4230-T	175,00	91,67	81,56	62,42	-100,00	-100,00
4233-TC	175,00	93,33	79,95	64,55	-103,33	-103,33
4400-T	175,00	115,00	71,75	47,56	-433,33	-323,33
4520-T	166,67	95,00	66,16	50,50	-256,67	-173,33
4710-T	189,29	117,86	94,32	56,10	-140,00	-120,00
Bidim	190,00	112,14	96,68	47,81	-211,43	-147,14

Quadro 5 – Resultados da filtragem a vácuo. Fonte: Autoria Própria

O gráfico 5 mostra a porcentagem de sólidos obtidos nos diferentes meios filtrantes, com o uso do Kemira Superfloc A-100 (20 mL /L). Onde o melhor resultado foi encontrado com o Remae 4233-TC (64,55% de sólidos). O tecido geotêxtil não apresentou um resultado bom (47,81%) e, muitas vezes mostrou rejeitos remanescentes nele depois do teste, sendo sua limpeza muito difícil, devido ao seu tecido. O gráfico 6 mostra a queda de pressão para os diferentes meios filtrantes testados, no qual o Remae 4233-TC e Remae 4230-T, que apresentaram os melhores resultados, como dito anteriormente, não tiveram nenhuma queda de pressão.

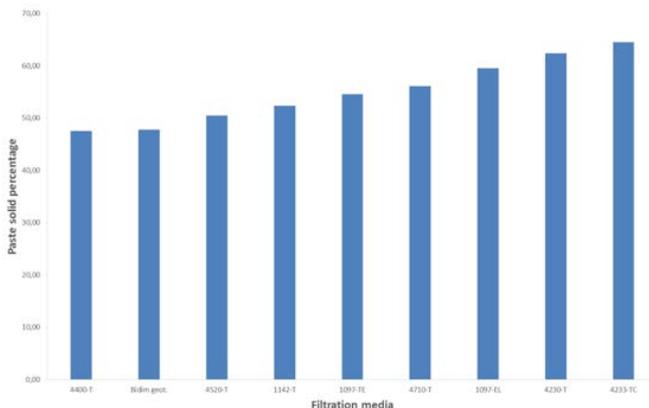


Gráfico 5 – Porcentagem de sólidos média na pasta mineral produzida.  
 Fonte: Autoria própria.

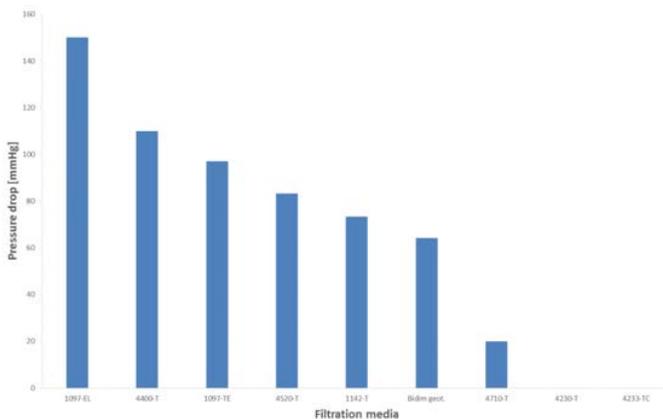


Gráfico 6 – Queda de pressão média nos ensaios de filtração a vácuo.  
 Fonte: Autoria própria.

## 4. Conclusões

os resultados encontrados foram satisfatórios, pois através da metodologia aplicada, com a utilização de floculante (Kemira Superfloc A-100), para auxiliar na sedimentação livre e posterior filtração a vácuo, com os meios filtrantes Remae 4233-TC e Remae 4230-T, conseguiu-se obter uma pasta com percentagem de sólido retidos maior que 60%.

A utilização desta estratégia pode ser uma boa solução para o problema de disposição de rejeitos, substituindo o atual sistema de barragens de rejeitos pela deposição de rejeitos em pasta, além de levar a uma economia considerável pois necessitaria de um espaço físico menor para seu armazenamento, traria também uma diminuição no impacto ambiental causado por essas gigantescas barragens.

## **5. Agradecimentos**

Os autores agradecem ao apoio financeiro, imprescindível para o desenvolvimento do presente trabalho, das agências brasileiras de fomento à pesquisa CNPq, CAPES, FAPEG e FUNAPE, à Universidade Federal de Goiás, pelo apoio dado ao mesmo e à empresa Anglo American Fosfato Brasil, Unidade Catalão-GO pela doação de material e liberação da divulgação dos dados da pesquisa.

---

### **Phosphate rock slurry dewatering: mineral paste**

**Abstract:** The dewatering stage is among the most important industrial unit operations, and is widely adopted in many different industries. Nowadays, mineral processing tailings disposal is a big problem due to the environmental degradation it causes. The phosphate rock processing in Anglo American Phosphate Brazil, situated in Catalão/Go/Brazil, generates around 180 t/h of tailings for a plant feed of 480 t/h (approximately 37.5% of the processing plant feed), with 5 to 10% of solids and approximately 14% of P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nowadays, the tailings are sent direct to the tailings dam. The present work proposes paste production using the tailings from the phosphate rock processing plant. Through decantation of a tailings sample, a clarified liquid was obtained and drained. The decanted pulp then went through a second stage consisting of vacuum filtration. Flocculant addition in this stage generated a faster sedimentation rate and a higher dewatering performance in next stage of dewatering, because the flocculated material was retained by the filter medium instead of passing through it. The results were satisfactory for paste tailings production with a solid percentage of around 65%.

**Keywords:** Phosphate rock slurry; Mineral paste; Dewatering.

---

## **Referências bibliográficas**

AMARANTE, S.C. **Filtragem na Indústria Mineral**, in **Metalurgia & Materiais**, VOL. 57, n°. 515, ABM, São Paulo/SP, pp. 647-648, 2001.

BARREDA, R.H., VALADÃO, G.E.S. **Desenvolvimento de equipamento produtor de pasta mineral**, dissertação de mestrado apresentada ao curso de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e de Minas, Belo Horizonte/ MG, 150 pp, 2008.

FRANÇA, S.C.A., MASSARANI, G. **Separação sólido-líquido**, in LUZ, A. B., SAMPAIO, J. A., ALMEIDA, S. L. M. (Ed.). **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, pp. 573-609, 2004.

HOGG, R. **Flocculation and dewatering**, in *Int. J. Miner. Process.* 58, pp. 223-236, 2000.

MASSARANI, G. **Fluidodinâmica em sistemas particulados**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ, pp. 152, 2001.

OLIVEIRA, M.L.M., LUZ, J.A.M., LACERDA, C.M.M. **Espessamento e Filtragem**. Ouro Preto: Escola de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP, Ouro Preto/MG, pp. 122, 2004.

OSÓRIO, C.A., ARAUJO, A.C., VALADÃO, G.E. **Estudo de Características de Algumas Pastas Minerais**. Tecnologia em Metalurgia e Materiais, São Paulo, v. 4, n. 3, pp. 50-55, 2008.

THERIAULT, J. A., FROSTIAK, J., WELCH, D. **Surface Disposal of Paste Tailings at the Bulyanhulu Gold Mine**, Tanzania, pp. 1-8, 2001.

WILLS, B. A., NAPIER-MUNN, T. **Mineral Processing Technology**. Elsevier Science & Technology Books, pp. 450, 2006.

# 13

## CAPÍTULO

### **INFLUÊNCIA DA VAZÃO DE AR NO ARRASTE HIDRÁULICO EM TUBO DE HALLIMOND**

**Guimarães Júnior, Paulo <sup>1</sup> \*;**  
**Silva, André Carlos <sup>1</sup>;**  
**Silva, Elenice Maria Schons <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás, Curso de Engenharia de Minas, Catalão,  
GO, Brasil

\* email: [paullo.guimaraes@hotmail.com](mailto:paullo.guimaraes@hotmail.com)

---

**Resumo:** A flotação é a técnica mais utilizada na concentração de minérios de baixo teor, consistindo em uma etapa crucial para a agregação de valor ao produto. Diante disso, existem diversas variáveis que se correlacionam, sendo determinantes para o sucesso do processo de flotação, tais como a vazão de ar, intensidade de agitação, granulometria, massa específica e forma das partículas e o grau de liberação das mesmas. A partir daí, o arraste hidráulico de partículas merece destaque, o qual se faz presente no processo de flotação industrial e laboratorial, sendo fortemente influenciado pela vazão de ar, granulometria e massa específica das partículas. Em virtude da existência de poucos estudos relacionados a este tema, o presente trabalho foi realizado a fim de analisar a influência da vazão de ar no arraste hidráulico de partículas em tubo de Hallimond, utilizando partículas de apatita. Para tal, os ensaios de arraste foram realizados admitindo-se uma fração granulométrica e quatro vazões de ar, sem adição de reagentes. Após a execução de cada ensaio, prosseguiu-se com o registro dos resultados, que foram obtidos mediante a pesagem das partículas que sofreram arraste e daquelas que foram afundadas. Então, um gráfico foi traçado de modo a proporcionar uma melhor visualização do comportamento das partículas em diferentes vazões de ar frente ao arraste, demonstrando um aumento no arraste das partículas com o aumento da vazão de ar.

**Palavras-chave:** Flotação; Arraste hidráulico; Vazão de ar

---

Guimarães Júnior, Paulo; Silva, André Carlos; Silva, Elenice Maria Schons. "INFLUÊNCIA DA VAZÃO DE AR NO ARRASTE HIDRÁULICO EM TUBO DE HALLIMOND", p.135-147. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3307>

## **1. Introdução**

A mineração é responsável pelo fornecimento de grande parte das matérias - primas empregadas na produção de diversos bens de consumo, contribuindo com o aumento da qualidade de vida da população. Para isso, é necessário haver a transformação do minério bruto em produto comercializável, que ocorre através de uma etapa denominada processamento mineral, a qual pode utilizar técnicas de concentração gravítica, centrífuga, magnética ou físico-química, visando à separação dos minerais de interesse dos demais que não agregam valor comercial.

A flotação é uma técnica que merece destaque, baseada nas diferenças das características físico-químicas de superfície dos minerais para promover a separação,

a qual é realizada numa suspensão em água (polpa), onde as partículas são obrigadas a percorrer um trajeto e num dado instante aquelas que se deseja flotar são levadas a abandoná-lo, tomando uma direção ascendente.

A diferenciação entre as espécies minerais é dada pela capacidade de suas partículas se prenderem a bolhas de ar. Uma vez aderida a uma bolha de gás, a densidade do conjunto partícula-bolha torna-se menor que a do fluido, fazendo com que o conjunto se desloque verticalmente para a superfície, onde fica retido e é separado numa espuma, enquanto que as partículas das demais espécies minerais mantêm inalterada a sua rota (LUZ et al., 2004).

A propriedade de determinadas espécies minerais possuírem maior afinidade com a fase gasosa é designada por hidrofobicidade. Entretanto, este comportamento não é regra no reino mineral, pois praticamente todas as espécies minerais imersas em água tendem a molhar sua superfície, ou seja, têm maior afinidade pela fase líquida, comportamento este designado por hidrofiliidade (LUZ et al., 2004).

O comportamento hidrofílico das espécies minerais pode ser alterado pela introdução de reagentes adequados ao sistema. Qualquer substância mineral pode ser tornada hidrofóbica mediante a adição de substâncias à polpa. Além disso, é possível, estando presentes duas espécies minerais, induzir a hidrofobicidade em apenas uma delas, mantendo a outra hidrofílica, ou seja, é possível induzir uma hidrofobicidade seletiva (BALTAR, 2008).

Com o intuito de aumentar a eficiência e reduzir os custos de flotação, foram desenvolvidos e aperfeiçoados diferentes tipos de máquinas, as quais podem ser divididas em três classes principais: células mecânicas, pneumáticas e de coluna. No entanto, quando o assunto está relacionado à eficiência do processo, vários parâmetros podem contribuir para o aumento ou redução da mesma, como por exemplo, o tamanho e grau de liberação das partículas, massa específica das mesmas, vazão de ar etc.

Este trabalho foi realizado baseando-se na hidrodinâmica de partículas na flotação, com a realização de ensaios em tubo de Hallimond utilizando partículas de apatita, com foco no arraste hidráulico das mesmas.

O arraste hidráulico possui relação direta com a vazão de ar, massa específica e tamanho das partículas, tornando-se imprescindível conhecer o comportamento das mesmas frente a estes parâmetros físicos, o que possibilita quantificar em termos de recuperação, as partículas que foram flotadas e as que sofreram arraste, proporcionando a obtenção do rendimento real do processo de microflotação.

Segundo Drzymala (1994), gases borbulhando através da água em tubos de Hallimond causam arraste de partículas finas. As partículas são arrastadas com uma camada de água viajando atrás das bolhas. Tais partículas estão sujeitas à força da gravidade, causando a sedimentação das mesmas. Então, as partículas

que apresentam menor velocidade de sedimentação em relação à velocidade da camada de água atrás de bolhas podem ser arrastadas com as mesmas e transferidas ao receptor do tubo de Hallimond. Com base nesse princípio, duas equações para o tamanho máximo de partículas arrastadas ( $d_{m\acute{a}x}$ ) no tubo de Hallimond foram derivadas no trabalho realizado por Drzymala (1994). A equação para partículas a qual obedece a lei de Newton de sedimentação é:

$$d_{m\acute{a}x} \left( \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_l} \right) \cong L_H = \frac{3(W_b)^2 \zeta}{4g} \quad (1)$$

Enquanto que para partículas que se sedimentam de acordo com a lei de Allen, a equação é:

$$d_{m\acute{a}x} \left( \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_l} \right)^{0,75} \cong L_L = \frac{W_b}{113,2} \quad (2)$$

Onde  $\rho_p$  é a massa específica das partículas (g/cm<sup>3</sup>),  $\rho_l$  a massa específica do líquido (g/cm<sup>3</sup>),  $W_b$  a velocidade vertical de uma bolha dentro da região mais lenta do tubo de Hallimond (cm/s),  $\zeta$  o coeficiente de arraste (número adimensional que depende do número de Reynolds),  $g$  a aceleração gravitacional (cm/s<sup>2</sup>), e  $L_H$  e  $L_L$  são constantes.

No trabalho desenvolvido por Drzymala (1994), os testes experimentais realizados em um tubo de Hallimond usando 13 diferentes materiais hidrofílicos confirmaram a aplicabilidade da Eq. (3) para materiais com densidade acima de 2,0 g/cm<sup>3</sup> e a Eq. (4) para aqueles com densidade inferior a 2,0 g/cm<sup>3</sup>. As fórmulas experimentais a seguir foram obtidas para partículas com formas regulares:

$$d_{m\acute{a}x} \left( \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_l} \right) = L_H = 0,023 \pm 0,002 \quad (3)$$

para  $\rho_p \geq 2,0$  g/cm<sup>3</sup> e

$$d_{m\acute{a}x} \left( \frac{\rho_p - \rho_l}{\rho_l} \right)^{0,75} = L_L = 0,020 \pm 0,002 \quad (4)$$

para  $\rho_p < 2,0$  g/cm<sup>3</sup>.

O parâmetro  $d_{m\acute{a}x}$  foi considerado como sendo o tamanho de classificação  $D_{50}$ , que é utilizado para caracterização de toda a curva de separação referente a um dado mineral, pois cada partícula tendo um tamanho igual ao  $D_{50}$  possui a mesma probabilidade de ser arrastada, bem como afundada. Em outras palavras,  $D_{50}$  é o tamanho máximo de partícula ( $d_{m\acute{a}x}$ ) que pode ser arrastada, embora a recuperação de toda a fração de tamanho tendo o diâmetro médio igual ao  $D_{50}$  seja somente de 50%. Vale ressaltar que uma vazão de ar constante foi admitida nos ensaios de arraste que compuseram o trabalho realizado por Drzymala (1994).

Em contrapartida, o principal objetivo do presente trabalho consistiu em analisar a influência da vazão de ar no arraste hidráulico em tubo de Hallimond, utilizando partículas de apatita, sem adição de reagentes. Os resultados obtidos foram apresentados na forma de gráfico e a curva constituinte do mesmo foi ajustada através do software Excel.

## 2. Metodologia

De modo a adequar a granulometria da apatita para a realização dos ensaios de arraste, realizou-se a cominuição da mesma em moinho de bolas seguido do peneiramento a úmido, utilizando a série de peneiras Tyler nas malhas 850  $\mu\text{m}$  (20#), 600  $\mu\text{m}$  (28#), 425  $\mu\text{m}$  (35#), 300  $\mu\text{m}$  (48#), 212  $\mu\text{m}$  (65#), 180  $\mu\text{m}$  (80#), 150  $\mu\text{m}$  (100#), 106  $\mu\text{m}$  (150#), 75  $\mu\text{m}$  (200#), 53  $\mu\text{m}$  (270#) e 45  $\mu\text{m}$  (325#). A Figura 1 apresenta a apatita antes da cominuição.



Figura 1. Apatita in natura (antes da cominuição)

Uma vez finalizado o peneiramento, obteve-se a fração granulométrica utilizada para o desenvolvimento deste trabalho ( $- 180 + 150 \mu\text{m}$ ), conforme a imagem obtida via microscópio marca Stereo Microscópio Laborana, modelo SD500, apresentada na Figura 2. Em seguida, dirigiu-se o material à estufa para secagem, sendo posteriormente armazenado em frasco devidamente identificado.



Figura 2. Imagem de microscopia óptica da apatita após cominuição e peneiramento na fração granulométrica  $- 180 + 150 \mu\text{m}$

Segundo o DNPM, a massa específica da apatita com alto grau de pureza está entre  $3,1$  e  $3,2 \text{ g/cm}^3$ . Portanto, a fim de determinar a massa específica da apatita adquirida para comparar com o exposto em literatura, aplicou-se a técnica de picnometria, utilizando a Eq. (5). Vale ressaltar que o ensaio foi realizado em triplicata.

$$\rho_{\text{sólido}} = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \quad (5)$$

Onde  $m^1$  é a massa do picnômetro vazio e seco (g);  $m^2$  é a massa do picnômetro com a amostra (g);  $m^3$  é a massa do picnômetro com a amostra e água (g);  $m^4$  é a massa do picnômetro com água (g).

De modo a conhecer o grau de pureza da apatita, foi realizada a análise química da mesma pela Anglo American Fosfato do Brasil via fluorescência de raios X.

Os ensaios de arraste hidráulico foram realizados em tubo de Hallimond (Figura 3), admitindo massa de  $1,0 \text{ g}$  de apatita, conforme procedimento padrão.



Figura 3. Tubo de Hallimond utilizado na realização dos ensaios de arraste hidráulico

Uma vez realizada a pesagem da quantidade referida de apatita em balança de precisão, prosseguiu-se com a identificação e pesagem dos papéis-filtro, os quais serviram de receptores dos materiais “arrastado” e “afundado”, provenientes da descarga do tubo de Hallimond.

As vazões de ar utilizadas nos ensaios foram de 30, 35, 40 e 50 cm<sup>3</sup>/min, medidas através de um rotâmetro marca Dwyer, modelo RMA – ISI – SSV. A faixa granulométrica utilizada nos ensaios de arraste foi de - 180 + 150  $\mu$ m (- 80 + 100#), realizando-se uma correlação entre as vazões de ar e tal granulometria, totalizando-se 4 ensaios. A pressão admitida foi de aproximadamente 69 kPa (10 psi) para todos os ensaios, além de uma intensidade de agitação constante para os mesmos.

Os ensaios foram realizados em triplicata, visando à obtenção de resultados representativos. Logo, ao final do trabalho foram realizados 12 ensaios de arraste hidráulico. A Tabela 1 apresenta as condições nas quais ocorreu a realização dos ensaios de arraste.

Tabela 1. Ensaios de arraste hidráulico realizados

Vazão (cm <sup>3</sup> /min)	Granulometria ( $\mu$ m)	Pressão (Kpa)	pH água	Tempo de agitação (min)	Tempo de aeração (min)
30	- 180 + 150	69	7	1	1
35	- 180 + 150	69	7	1	1
40	- 180 + 150	69	7	1	1
50	- 180 + 150	69	7	1	1

Fonte: autoria própria

A princípio, desmontou-se o tubo de Hallimond, inserindo a barra magnética na parte inferior do mesmo, cujo movimento foi induzido através do agitador magnético, seguido da inserção de uma amostra de 1,0 g de apatita, montando o tubo novamente. Em seguida, inseriu-se aproximadamente 320 mL de água destilada com pH igual a 7 e então, prosseguiu-se com a agitação durante 1 minuto, de modo que todas as partículas ficassem em suspensão. Finalizado o tempo de agitação, ligou-se o sistema de pressão e vazão de ar, iniciando a aeração e consequentemente, o ensaio de arraste propriamente dito, o qual também teve uma duração padrão de 1 minuto.

Em seguida, realizou-se a descarga do material contido no tubo de Hallimond em dois béqueres, sendo um destinado a receber o material “afundado” e o outro, o “arrastado”, valendo ressaltar que não houve a utilização de reagentes no processo. Realizada a descarga do tubo de Hallimond, iniciou-se o processo de filtragem a vácuo, obtendo-se, portanto, dois produtos: “arrastado” e “afundado”.

Concluída a etapa de filtragem, prosseguiu-se com a secagem dos materiais em estufa a uma temperatura de aproximadamente 60 °C durante nove horas e após a retirada dos mesmos aguardaram-se mais três horas em temperatura ambiente para, posteriormente, realizar a pesagem, conferindo-se assim, a massa de material “arrastado”, bem como a massa do “afundado”, de modo a verificar tanto a intensidade do arraste quanto a validação do teste, visto que a somatória das massas mencionadas deve ser igual ou bem próxima à massa inicial de amostra utilizada (1,0 g).

### 3. Resultados e discussão

Na determinação da massa específica da apatita adquirida, os valores obtidos referentes aos ensaios 1, 2 e 3 foram de 3,240, 3,171 e 3,184 g/cm<sup>w</sup>, respectivamente. Assim, calculou-se a média de tais valores, obtendo-se uma massa específica igual a 3,198 g/cm<sup>3</sup> ± 0,026, confirmando o exposto na literatura.

A caracterização química realizada pela Anglo American Fosfato do Brasil forneceu os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química da apatita

Óxidos	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	BaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Teor (%)	-	40,50	0,07	0,94	0,06	0,38	52,04

Fonte: Anglo American Fosfato do Brasil

De acordo com o banco de dados de minerais da Universidade Estadual Paulista (Unesp), a apatita com alto grau de pureza contém 41,8% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 55% de CaO, valores estes bem próximos aos obtidos na caracterização química.

O gráfico apresentado na Figura 4 apresenta a relação obtida entre o arraste das partículas e a vazão de ar. O ajuste da curva apresentada foi realizado através do software Excel, no qual o melhor ajuste consistiu em uma função polinomial de segundo grau. Através do gráfico, nota-se um aumento no arraste com o aumento da vazão de ar de modo não linear.

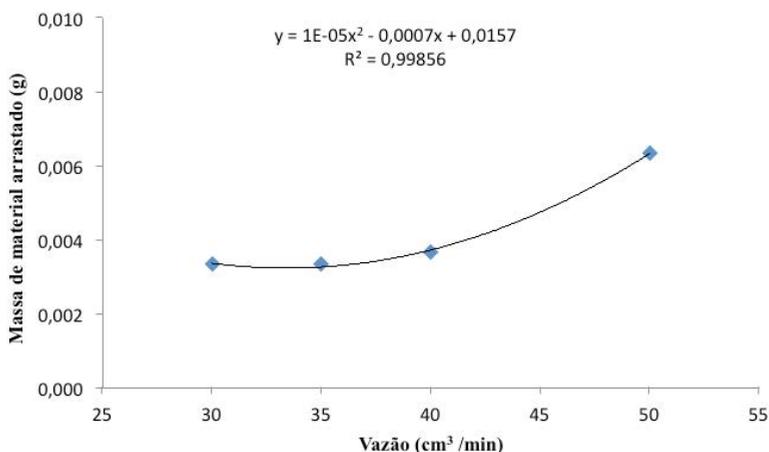


Figura 4. Relação entre o arraste e a vazão de ar

Segundo Drzymala (1994), a Eq. (3) é aplicada para partículas com massa específica superior a 2,0 g/cm<sup>3</sup>, que é o caso da apatita, conforme a massa específica obtida via picnometria. Desta forma, aplicando tal equação para a apatita utilizada nos ensaios de arraste, obtém-se um  $d_{m\acute{a}x}$  de 104,6  $\mu\text{m}$ , indicando que as partículas que apresentam esta granulometria possuem 50% de probabilidade de serem afundadas, bem como arrastadas. Percebe-se, portanto, que a fração granulométrica considerada neste trabalho é superior ao  $d_{m\acute{a}x}$  calculado, ou seja, as partículas apresentam uma maior probabilidade de serem afundadas. Além disso, com base no gráfico, pode-se afirmar que a equação em questão é aplicável para vazões mais baixas dentre as consideradas neste trabalho, nas quais não ocorreu arraste significativo, com variação quase linear entre as vazões de 30, 35 e 40 cm<sup>3</sup>/min.

A Eq. (3) não considera a vazão de ar, uma vez que se manteve a mesma constante nos ensaios de arraste correspondentes ao trabalho realizado por Drzymala (1994), consistindo numa restrição do modelo proposto por este autor, visto que o gráfico

apresentado na Figura 4 demonstra que o arraste é influenciado pela vazão de ar, tendendo a aumentar com o aumento da mesma.

## **4. Conclusões**

A partir do resultado obtido, pode-se afirmar que o arraste hidráulico tende a aumentar com o aumento da vazão de ar, apresentando um comportamento parabólico em relação à variação da mesma para a fração granulométrica analisada. À medida que uma bolha toma uma direção ascendente num meio fluido, as linhas de fluxo as contornam em sentido contrário. Partindo desse princípio, acredita-se que ao elevar a vazão de ar, a velocidade de ascensão das bolhas aumenta e, conseqüentemente, gera uma zona de vácuo mais intensa na região localizada atrás das bolhas, acarretando num maior número de partículas arrastadas.

O arraste hidráulico de partículas é regido por outros parâmetros além da vazão de ar, como a massa específica, tamanho e forma das partículas, dentre outros. Entretanto, a interação entre tais parâmetros é de alta complexidade, exigindo estudos mais avançados. Além disso, ensaios com partículas em outras frações granulométricas devem ser realizados a fim de verificar a influência da granulometria no arraste hidráulico.

Embora escassos, tais estudos contribuem com o fornecimento de informações potenciais quanto à obtenção de maior controle do processo de flotação na indústria, ou seja, possibilita reduzir ou eliminar material contaminante (partículas hidrofílicas) no concentrado. Já no processo de microflotação em tubo de Hallimond, a quantificação do arraste possibilita conhecer o rendimento real do processo de microflotação, visto que é uma técnica a partir da qual se deseja conhecer a máxima eficiência do reagente coletor para determinado mineral. Assim, é evidente que tanto as variáveis físicas quanto as químicas desempenham um papel importante no processo de flotação.

## **5. Agradecimentos:**

Os autores agradecem o suporte financeiro das agências CNPq, CAPES, FAPEG e FUNAPE e Universidade Federal de Goiás.

---

## **Influence of the Air Flow in the Hydraulic Entrainment in Hallimond Tube**

**Abstract:** Flotation is the most used technique in the concentration of low grade ores, which is a very important step for adding value to the product. Based on this, there are several variables that correlate with each other, which are crucial to the success of the flotation process, such as air flow, intensity of shaking, particle size, specific mass and particle shape and degree of release of them. Thenceforth, the hydraulic entrainment of particles deserves highlighting, which is present in the industrial and laboratory flotation process and is influenced by the air flow, specific mass and particle size. Due to the existence of few studies related to this theme, the present work was developed in order to access the influence of the air flow in the hydraulic entrainment in Hallimond tube, using apatite particles. For this, the entrainment tests were executed with one granulometric range and four air flows, without adding reagents. After the testing had been carried out, the results were recorded which were obtained through the weighing of the entrained and sunken particles. Then, it was traced a graph to provide a better view of the behavior of the particles in different air flows in the face of entrainment, showing an increase in the entrainment of the particles with the increase of the air flow.

**Keywords:** Flotation; Hydraulic entrainment; Air flow.

---

## **Referências bibliográficas**

BALTAR, C. A. M. **Flotação no Tratamento de Minério**. Departamento de Engenharia de Minas - UFPE, Recife, 2008.

CHAVES, A. P. **Teoria e prática do tratamento de minérios**. A flotação no Brasil. 3º Edição. São Paulo, 2013.

CLIFT, R.; GRACE, J. R.; WEBER, M. E. Bubbles, **Drops and Particles**. Academic Press. Nova York, 1978.

DRZYMALA, J. **Characterization of materials by Hallimond tube flotation. Part 1: maximum size of entrained particles**. International Journal of Mineral Processing. Volume 42, p. 139-152, Polônia, 1994.

LI, R.; HOBERG, H.; SCHNEIDER, F. U. **Investigations on the influence of particle size in flotation**. In: International Mineral Processing Congress, XVIII. Volume 3, p. 689-697, Sydney, 1993.

LUZ, A. B.; SAMPAIO, J. A.; ALMEIDA, S. L. M. **Tratamento de Minérios**. 4º Edição. Rio de Janeiro, 2004.

MACHADO, F. B. Apatita. Disponível em: <http://www.rc.unesp.br/museudpm/banco/fosfatos/apatita.html>. Data de acesso: 18 de Novembro de 2014.

PINTO, G. H. V. P. **Cinemática de Partículas em Fluidos de Viscosidade Variável com o Tempo e sua Aplicação na Construção de Poços de Petróleo: Avaliação Durante Paradas Operacionais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

SAVASSI, O. N.; ALEXANDER, D. J.; FRANZIDIS, J. P.; MANLAPIG, E. V. **An empirical model for entrainment in industrial flotation plants**. Minerals Engineering. Volume 11, p. 243-256, 1998.

ZHENG, X.; FRANZIDIS, J. P.; JOHNSON, N. W.; MANLAPIG, E. V. **Modelling of entrainment in industrial flotation cells: the effect of solids suspension**. Minerals Engineering. University of Queensland. Volume 18, Edição 1, p. 51-58, Austrália, 2004.

# 14

## CAPÍTULO

### **A EVOLUÇÃO HISTÓRICA E OS MESTRES DA QUALIDADE**

**Rodrigues, Bruno Felipe da Silva <sup>1</sup> \*;  
Bachega, Stella Jacyszyn <sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Goiás – Regional de Catalão

**\* email: [brunofelipesr@hotmail.com](mailto:brunofelipesr@hotmail.com)**

---

**Resumo:** A evolução da qualidade no decorrer da história passou por diferentes fases. Atualmente o conceito de qualidade é utilizado sobre diversas situações e contextos, estando difundida por todas as áreas do conhecimento e ambientes corporativos. Vários teóricos tiveram papel relevante na construção dos conceitos relacionados à área, auxiliando no desenvolvimento de diversas técnicas, metodologias e ferramentas de qualidade. O objetivo deste artigo é explanar sobre as principais fases da evolução da qualidade, destacando suas principais características e contribuições, além de elencar os principais pensadores da qualidade e suas teorias. Para tanto, foi utilizado o método de pesquisa teórico-conceitual. Os seguintes mestres da qualidade foram discutidos: Walter A. Shewhart, William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa, e Genichi Taguchi. Dentre os principais fatos observados nas grandes eras da qualidade salientam-se: a implementação de tolerâncias, controle dimensional e padronização de produtos, e a diminuição da variabilidade dos sistemas de produção através da inserção de métodos estatísticos.

**Palavras-chave:** Qualidade; Evolução histórica; Pesquisa teórico-conceitual

---

Rodrigues, Bruno Felipe da Silva; Bachega, Stella Jacyszyn. "A EVOLUÇÃO HISTÓRICA E OS MESTRES DA QUALIDADE", p.148-162. In Adriana Freitas Neves, Idelvone Mendes Ferreira, Maria Helena de Paula, Petrus Henrique Ribeiro dos Anjos. Coletânea Interdisciplinar em Pesquisa, Pós-Graduação e Inovação - Engenharia, Saúde e Gestão - vol. 3, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2015.

<http://dx.doi.org/10.5151/BlucherOA-coletanea3-3308>

## **1. Introdução**

O conceito de qualidade é utilizado atualmente sobre diversas situações e contextos, estando difundida por todas as áreas do conhecimento e ambientes corporativos. No entanto, a grande abrangência do termo e sua expansão pelos diversos setores da economia teve sua motivação encontrada na evolução histórica da qualidade, que sempre acompanhou o desenvolvimento das necessidades humanas na busca por melhor competitividade e excelência em suas atividades (ROCHA, 2009).

A evolução da qualidade no decorrer da história passou por diferentes fases. Os estudos, conceitos e teorias desenvolvidos em cada uma dessas fases trouxeram

muitas contribuições para o processo de construção do conceito de qualidade e acabaram se tornando parte fundamental para levar a Gestão da Qualidade a ser considerada como uma perspectiva estratégica que, segundo Carvalho (2012, p. 27), “não é vista de forma isolada, mas inserida em um modelo em que se consideram os aspectos essenciais de sobrevivência da organização”.

Nesse sentido, diversos teóricos tiveram papel relevante na construção dos conceitos relacionados à área, auxiliando no desenvolvimento de diversas técnicas, metodologias e ferramentas de qualidade. As pesquisas desenvolvidas por alguns estudiosos trouxeram contribuições que se tornaram fatores determinantes de sucesso para diversas instituições, o que acabou trazendo o reconhecimento dos mesmos através da denominação de Mestres ou Gurus da Qualidade (CARVALHO, 2012).

Assim, a importância desta pesquisa vem da necessidade de se demonstrar a toda comunidade acadêmica o quão é importante estudar a evolução histórica da qualidade para se entender como os conceitos e abordagens atuais foram alcançados. Logo, o objetivo deste artigo é explanar sobre as principais fases da evolução da qualidade, destacando suas principais características e contribuições, além de elencar os principais pensadores da qualidade e suas teorias.

O presente artigo está estruturado da seguinte maneira: na próxima seção é apresentada a metodologia de pesquisa; na terceira seção é demonstrada a evolução histórica da qualidade; em seguida, são apresentados os principais mestres da qualidade; por último, a quinta seção apresenta as considerações finais.

## **2. Método de pesquisa**

A pesquisa teórico-conceitual pode ser considerada como uma revisão da literatura onde um levantamento bibliográfico é desenvolvido com o intuito de identificar teorias que possam ser utilizadas como bases de um novo estudo (HEERDT; LEONEL, 2007). Além disso, este tipo de pesquisa possui o objetivo de explicar um problema a partir de referências teóricas publicadas em documentos, podendo ser efetuada como parte da pesquisa descritiva ou experimental ou, ainda, de forma independente (SILVA; SILVA, 2004).

De acordo com Berto e Nakano (2000), esse tipo de pesquisa é fruto de uma série de reflexões fundamentadas em um fato observado ou exposto pela literatura, reunião de opiniões e ideias de diversos autores ou mesmo pela simulação e modelagem teórica. Conforme esses autores, as discussões conceituais baseadas na literatura e revisões bibliográficas são classificadas como pesquisas teórico-conceituais. Neste trabalho foi realizada a pesquisa teórico-conceitual, ou bibliográfica, com o intuito

de pré-orientação teórica a respeito da evolução da qualidade.

### **3. Evolução histórica da qualidade**

A qualidade, seus conceitos e práticas passaram por uma evolução bastante complexa ao longo da história. Garvin (2002) propõe uma classificação temporal que divide essa transformação em quatro eras, a saber: Inspeção, Controle Estatístico do Processo, Garantia da Qualidade e Gestão da Qualidade Total.

Até o final do século XIX, o sistema produtivo vigente era estritamente artesanal e baseado no conhecimento do fabricante. Nesse período, o artesão tinha o domínio completo de todo o sistema de produção, coordenando desde a fase de concepção do produto, escolha de matéria-prima, até as questões referentes ao pós-venda. Além disso, o controle de qualidade era realizado em todos os produtos pelo próprio artesão, sem uma preocupação maior sobre o processo de produção (STEVENSON, 2001).

A não existência na época de um padrão de produção bem definido impossibilitava ao artesão pensar em questões como metrologia, controle dimensional, tolerâncias e especificações, resultando em produtos diferentes desenvolvidos sobre o mesmo projeto. Dessa maneira, as partes e peças dos produtos eram únicas e não eram criadas peças intercambiáveis (CARVALHO, 2012).

Com o evento da Revolução Industrial, um novo sistema de produção foi estabelecido, no qual foram implementadas a padronização dos produtos e a produção em larga escala. A escola taylorista da Administração Científica influenciou a especialização do trabalho, reduzindo as funções do trabalhador a apenas uma parte da produção, onde o mesmo realizava apenas uma atividade do processo, sem ter o domínio ou sequer o conhecimento sobre as outras etapas, além de não participar da concepção do produto e do planejamento (CARVALHO, 2012).

O controle da qualidade deixou de ser realizado durante todo o processo de produção e teve seu foco voltado à uniformidade do produto, ficando a verificação da qualidade realizada apenas no produto finalizado e sob a responsabilidade do inspetor, o que caracterizou a fase como a Era da Inspeção. Além disso, a linha de produção permitiu a produção em massa de produtos iguais, permitindo o surgimento dos primeiros sistemas de medição padronizados, bem como dos primeiros conceitos acerca de metrologia, especificações e tolerâncias. No entanto, não existia preocupação maior com a análise crítica e solução de problemas ou com as causas e consequências dos mesmos (BUENO, 2003).

A partir de 1924, a variabilidade dos processos de produção passou a ser reconhecida. A nova visão sobre as variações das matérias-primas, dos operários,

dos equipamentos e de diversos outros fatores relacionados ao processo produtivo, condicionou Walter A. Shewhart desenvolver os gráficos ou cartas de controle, que facilitaram a inserção dos conceitos da estatística no sistema de produção. O Controle Estatístico da Qualidade foi desenvolvido com o objetivo de identificar as variações de processo que resultavam em problemas (VERAS, 2009).

A aplicação dos métodos estatísticos durante a Era do Controle permitiu que a qualidade passasse a ser controlada por amostragem, e a análise e solução de problemas se tornou menos complexa a partir do desenvolvimento de diversas técnicas e metodologias, como o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action), proposto por Shewhart, e as sete ferramentas básicas da qualidade. Além disso, a fase é caracterizada pela criação das primeiras normas de controle estatístico da qualidade, como a britânica BS600 e a americana AWS Z1.1-Z1.3 (PALADINI, 2012).

Uma nova era acabou se estabelecendo, no período pós-Segunda Guerra Mundial, após a difusão dos modelos de controle estatístico: a Era da Garantia da Qualidade. Durante essa fase, o conceito de qualidade, impulsionado pelo crescimento do volume e da complexidade dos produtos, evoluiu de um método restrito de controle a um método de gerenciamento, tomado pelo objetivo principal de criar sistemas preocupados na prevenção e solução de problemas (VERAS, 2009).

A consolidação das áreas de qualidade nas organizações fez surgir as primeiras associações de profissionais do setor como a japonesa JUSE (Japan Union of Scientists and Engineers) e a americana ASQC (American Society for Quality Control), atualmente ASQ (American Society for Quality). Além disso, os sistemas de garantia da qualidade desenvolvidos possibilitaram a expansão da qualidade além dos limites da fábrica, integrando as organizações e seus fornecedores, e facilitando a solução de problemas (OLIVEIRA, 2003).

Durante a Era da Garantia, o estabelecimento da prevenção de problemas como objetivo principal foi possibilitado a partir do alinhamento entre a expansão dos métodos estatísticos e o surgimento de novos conceitos e técnicas de planejamento e controle gerenciais: a quantificação dos custos de qualidade, proposta por Juran em 1951; o programa Zero Defeito, desenvolvido por Crosby; a confiabilidade; e o sistema de Controle da Qualidade Total ou TQC (Total Quality Control), formulado por Feigenbaum (QUEIROZ, 1995).

À mesma época, o surgimento do TQC levou a um redirecionamento da qualidade do enfoque em adequação às especificações a uma abordagem mais ampla, que envolvia todos os setores do ambiente empresarial. Assim, o TQC possibilitou o início do planejamento, da organização e implementação de Sistemas Integrados de Controle de Qualidade, os quais controlam o produto desde o projeto, materiais, processos, produto final (STEVENSON, 2001).

No entanto, a criação de sistemas de produção que faziam a integração dos

diferentes departamentos com foco na qualidade aconteceu através de diversas abordagens diferentes, com destaque para o enfoque japonês e o enfoque ocidental. O enfoque ocidental, utilizado pela ASQC, pregava a adequação dos produtos às especificações. Tal abordagem tinha por objetivo a implementação de manuais, procedimentos e registros de resultados que possibilitassem a padronização da produção e a prevenção de falhas. Além disso, todos os departamentos recebiam responsabilidades sobre a manutenção da qualidade, criando, portanto, um enfoque sistêmico que visava cumprir normas técnicas, regulamentações governamentais, códigos e leis (CARVALHO, 2012).

Por outro lado, a segunda vertente se destacou pela incorporação dos trabalhadores na manutenção da qualidade, ficando conhecido como CWQC (Company Wide Quality Control). O controle da qualidade por toda a empresa, proposto pelo enfoque japonês, pregava que toda a empresa deveria ser dirigida ao atendimento às expectativas do consumidor da maneira mais viável economicamente. Para tal, foi necessária a abrangência de aspectos relacionados a outros ramos do conhecimento além da engenharia - psicologia, sociologia, educação e economia – para a implementação de programas de motivação, conscientização, capacitação e interação do homem na busca por objetivos de qualidade comuns (CARVALHO, 2012).

O CWQC obteve grande destaque internacional pelo surgimento de novas teorias e conceitos de gestão, que viriam a ser tomadas como modelos mais eficientes do que aqueles estabelecidos. Através do enfoque japonês aconteceu o desenvolvimento do modelo Toyota de produção, idealizado por Taiichi Ohno. O novo sistema de produção ficou conhecido por produção enxuta ou lean manufacturing e influenciou a qualidade através da eliminação dos desperdícios de produção – conhecido como muda em japonês. Além disso, diversas outras técnicas e metodologias auxiliaram na difusão do novo modelo e, principalmente, na devolução ao trabalhador a responsabilidade sobre a qualidade, com destaque para: os conceitos de melhoria contínua, conhecido como kaizen; a seleção e desenvolvimento integrado de fornecedores ou keiretsu; o poka yoke, criação de dispositivos à prova de erros; e os Círculos de Controle da Qualidade – CCQ (CARVALHO, 2012).

A partir de 1987, a criação de normas regulamentadoras possibilitou a eliminação de grande parte dos auditores mantidos pelas instituições. No novo cenário, instituições independentes ficaram responsáveis pelos processos de certificação e auditoria de fornecedores, emitindo relatórios e certificados de qualidade. Dessa maneira, o estabelecimento de normas, como a ISO 9000 de Sistemas de Garantia da Qualidade e a QS 9000 para o setor automotivo, retirou a responsabilidade das organizações sobre o desenvolvimento integrado de parceiros (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2008).

De uma maneira geral, os selos de certificação dos modelos normativos indicavam e garantiam que os produtos fornecidos apresentassem a excelência em qualidade exigida, ao mesmo tempo em que possibilitavam às organizações aumentar a eficiência de seus processos através do redirecionamento do foco de seus esforços para outras questões de importância igualitária que estavam dentro de sua responsabilidade, como afirmado por Carvalho (2012, p. 6): “introduzindo elementos da gestão por processos, gestão por diretrizes e foco no cliente”.

Posteriormente, o surgimento de novos modelos normativos, como a ISO 26000 de Responsabilidade Social e OHSAS 18000 de saúde e segurança ocupacional, de maneira integrada às normas anteriormente estabelecidas, bem como aos diversos setores da empresa fez surgir os Sistemas Integrados de Gestão (SIG), dando início a uma nova era: a Era da Gestão da Qualidade Total ou Era da Gestão Estratégica da Qualidade.

Na nova Era estabelecida, as organizações apresentam sistemas produtivos totalmente integrados sob o objetivo comum de desenvolver produtos que apresentem o nível de qualidade excelente. Além disso, o foco passa a ser totalmente na satisfação das necessidades do consumidor final, ressurgindo conceitos equivalentes ao período artesanal, como a customização de produto, desenvolvida aqui como uma customização em larga escala (RIBEIRO NETO; TAVARES; HOFFMANN, 2008).

A moderna Gestão da Qualidade caracteriza-se também pela utilização da qualidade pelas organizações como diferencial competitivo. Como defende Bueno (2003, p. 27) a Gestão da Qualidade Total deve ser considerada como “uma estratégia administrativa e que deve estar alinhada à estratégia de negócio da empresa”. Portanto, atualmente, a manutenção de um nível de qualidade excelente acaba influenciando de maneira direta a evolução das organizações.

Por fim, vale destacar que a evolução da qualidade aconteceu de modo que os conceitos, métodos e técnicas de cada fase não deixaram de ser utilizados nas eras subsequentes. Na realidade, as diferentes abordagens acabaram incorporadas aos métodos emergentes com o intuito de melhorar continuamente a gestão das organizações. A evolução está representada na Figura 1.

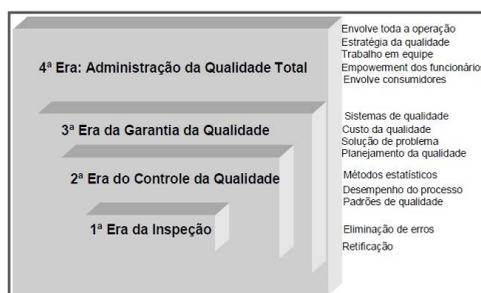


Figura 1 – A evolução histórica da qualidade.

Fonte: Adaptado de Barçante (1998).

## **4. Os Mestres da Qualidade**

Nessa seção são abordados os seguintes mestres da qualidade: Walter A. Shewhart, William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa, e Genichi Taguchi.

### **4.1 Walter A. Shewhart**

Walter Shewhart nasceu nos Estados Unidos, em 1891. Engenheiro e doutor em física pela Universidade da Califórnia estabeleceu sua contribuição para a gestão da qualidade, principalmente, pelo trabalho desenvolvido na Western Electric e na Bell Telephone Laboratories.

Shewhart ficou conhecido como o pai do controle estatístico da qualidade pelo desenvolvimento dos gráficos de controle do processo. Através do Controle Estatístico do Processo (CEP), o autor conseguiu adaptar os conceitos de estatística ao ambiente organizacional, formulando uma ferramenta gráfica que possibilitava distinguir de maneira clara os desvios ocasionados por variações comuns dos processos – causas normais – daquelas causas especiais, que não eram inerentes aos processos. Dessa maneira, a identificação, análise e solução de problemas passaram de uma abordagem reativa a um foco proativo de previsão (CARVALHO, 2012).

Além disso, Shewhart foi o responsável pelo desenvolvimento de uma metodologia de direcionamento da análise e solução de problemas que viria a se tornar conhecida com Edwards Deming: o ciclo PDCA (Plan, Do, Check, Action). O método propunha implementar a melhoria contínua através de planejamento, ações efetivas, verificação e ações de controle e correção.

### **4.2 William Edwards Deming**

Edwards Deming, nascido nos Estados Unidos em 1900, era um consultor formado em engenharia elétrica e doutor em matemática e física pela Universidade de Yale. Apesar de se tornar discípulo de Walter A. Shewhart, devido ao grande interesse pelas ferramentas de controle estatístico, foi através do trabalho desenvolvido no Japão após a Segunda Guerra Mundial, principalmente como consultor da JUSE, que desenvolveu suas contribuições para a qualidade.

Deming defendia que a gestão da qualidade deveria utilizar uma abordagem na qual os métodos estatísticos seriam utilizados como ferramentas que possibilitariam a identificação e controle contínuos das variabilidades dos processos. A ideia

ganhou força ao perceber que a participação dos trabalhadores, utilizada na cultura empresarial japonesa, na melhoria contínua da organização – o chamado kaizen – era descrita de maneira sistematizada no método do ciclo PDCA criado por Shewhart (VERAS, 2009).

Além de ser o difusor do ciclo PDCA – utilizado como um plano de sistematização para a análise e solução de problemas – Deming proporcionou grande contribuição ao enunciar 14 princípios que deveriam ser seguidos para alcançar a excelência em gestão da qualidade. São eles:

- 1- Criar uma constância de propósitos para a melhoria de produtos e serviços, buscando manter a empresa competitiva, para se permanecer no mercado e gerar empregos;
- 2- Adotar uma nova filosofia, visto que os métodos de gestão ficam obsoletos e necessitam, portanto de transformação;
- 3- Acabar com a dependência da inspeção para alcançar a qualidade, investindo diretamente na prevenção e eliminação de defeitos do produto em si, através da introdução de ferramentas de qualidade;
- 4- Eliminar a prática de basear o negócio apenas no preço. Utilizar o pensamento de minimizar o custo total, estabelecendo relacionamento de longo prazo com um único fornecedor, baseado em qualidade e confiança;
- 5- Melhorar constante e continuamente o sistema de produção, para aprimorar a qualidade e a produtividade ao mesmo tempo em que reduz os custos;
- 6- Estabelecer treinamento no trabalho, utilizando métodos modernos de formação;
- 7- Estabelecer liderança, para ajudar as pessoas a desenvolver seu trabalho de uma melhor maneira;
- 8- Eliminar o medo através de um método de gestão que proporcione à liberdade às pessoas trabalharem de maneira efetiva;
- 9- Quebrar barreiras entre departamentos. Os diversos setores da empresa devem trabalhar de maneira conjunta, com uma comunicação eficiente;
- 10- Eliminar slogans, exortações e metas para os trabalhadores;
- 11- Não utilizar gestão por objetivos ou metas baseadas em indicadores quantitativos. Tais métodos prezam pela quantidade e não pela qualidade;
- 12- Remover barreiras que impeçam o trabalhador de sentir orgulho pelo que faz;
- 13- Instituir um programa de rigoroso de educação e aperfeiçoamento;
- 14- Envolver toda a organização no objetivo de alcançar a transformação. A transformação é tarefa de todos.

### 4.3 Joseph M. Juran

Joseph M. Juran nasceu em 1904, na cidade de Braila, na Romênia. Mudou-se para os Estados Unidos, onde faz graduação em engenharia e direito. A carreira como consultor em gestão da qualidade iniciou-se no departamento de estatística da empresa Western Electric, mas foi pelo trabalho desenvolvido no período pós-guerra no Japão que alcançou a notoriedade.

O conceito de qualidade proposto por Juran, defendendo que se o produto deve ser adequado ao seu uso, traz a ideia de que as características dos produtos deveriam apresentar aquilo que fosse exigido pelo usuário. Para isso, os processos deveriam ser controlados de maneira a não apresentar deficiências. O autor sugeria, portanto, que toda a empresa deveria estar envolvida com a qualidade, ou seja, a responsabilidade pela satisfação do consumidor estaria do nível operacional ao nível tático (ROCHA, 2009).

Dentre as principais contribuições de Juran, vale destacar a chamada Trilogia da Qualidade, na qual o autor defende a ideia de que a gestão da qualidade divide-se em três pontos essenciais: planejamento, controle e melhoria. O planejamento da qualidade se faz necessário para identificar os consumidores e suas necessidades, estabelecer os objetivos de desempenho e os planos de ação para atendê-los. O controle da qualidade visa comparar o desempenho atual do sistema com os objetivos estabelecidos e corrigir os desvios encontrados. Por fim, a melhoria da qualidade visa identificar os pontos onde é possível melhorar o desempenho do sistema e desenvolver práticas que possibilitem o aperfeiçoamento do mesmo (CARVALHO, 2012).

Por outro lado, Juran também se destacou pela melhoria do conceito de cliente, no qual defendia que qualquer pessoa em contato com o produto durante a sua produção era considerada um cliente interno, enquanto o cliente externo era aquele que se relaciona com o produto acabado. Além disso, o autor obteve notável contribuição na classificação dos custos de não fazer certo na primeira vez, ou seja, os custos da não qualidade, que foram classificados em falhas, prevenção e avaliação.

### 4.4 Philip B. Crosby

Nascido na cidade de Wheeling, no estado norte americano da Virgínia, Philip B. Crosby formou-se primeiramente em engenharia. Após anos de experiência em diversas empresas, foi com a fundação da Philip Crosby Associates (PCA) em 1979, que passou a atuar como consultor de gestão empresarial, dedicando-se exclusivamente para a área de qualidade.

A experiência obtida nas empresas nas quais trabalhou auxiliou Crosby na construção de ideias a respeito do Zero Defeito. O conceito propunha que não existia a necessidade de o produto ser perfeito e, sim, que todos deveriam estar comprometidos em atender aos requisitos na primeira vez, ou seja, o fazer da maneira correta na primeira vez resultava em bom nível de qualidade. No entanto, existia a necessidade de se estabelecer uma filosofia de trabalho que exigisse a prevenção, a utilização dos custos de qualidade como ferramentas de gestão e a padronização das especificações (VERAS, 2009).

De maneira semelhante à Deming, o autor propunha 14 pontos que deveriam ser priorizados para se manter uma gestão da qualidade eficiente:

- 1- Certificar que a alta gerência está comprometida com a qualidade;
- 2- Formar equipes de melhoria da qualidade com representantes de cada departamento;
- 3- Introduzir indicadores de desempenho da qualidade para identificar onde há a necessidade de melhoria;
- 4- Avaliar os custos da não qualidade e utilizá-los como ferramentas de melhoria;
- 5- Conscientizar todos os trabalhadores a respeito da importância da qualidade;
- 6- Implantar ações corretivas de problemas, a partir dos resultados das etapas anteriores;
- 7- Desenvolver um planejamento para a implantação do programa Zero Defeito;
- 8- Distribuir responsabilidades entre os funcionários e treiná-los para a manutenção do programa de melhoria;
- 9- Instituir o dia do zero defeito, para difundir os conceitos do programa;
- 10- Definir objetivos a serem alcançados, para estabelecer metas de melhoria da qualidade;
- 11- Eliminar as causas dos erros, através do incentivo e facilitação da comunicação das dificuldades encontradas;
- 12- Reconhecer publicamente aqueles que atingem os objetivos traçados;
- 13- Estabelecer Círculos de Qualidade para a manutenção e o monitoramento do processo de melhoria;
- 14- Realizar todos os passos de maneira contínua e interminável para que o programa de melhoria não acabe.

## 4.5 Armand V. Feigenbaum

Armand Feigenbaum nasceu em 1922, nos Estados Unidos. Formado em engenharia e doutor em ciências pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT), ficou conhecido pela formulação do sistema de Controle Total da Qualidade (TQC), o qual desenvolveu uma abordagem sistêmica da qualidade dentro das organizações.

Feigenbaum (1961) definiu o TQC como “um sistema eficaz para integração dos esforços dos diversos grupos em uma organização, no desenvolvimento da qualidade, na manutenção e na melhoria da qualidade”. Nessa concepção, a qualidade passa a ser um aspecto relacionado a todas às operações da organização, deixando de ser considerada apenas um como um atributo do produto.

Por outro lado, o TQC também propõe que os interesses e desejos consumidores como o ponto de partida para o estabelecimento da qualidade. A qualidade deixa de ser baseada apenas no atendimento às especificações, passando a ser introduzida no produto a partir das necessidades dos clientes. Dessa maneira, alguns aspectos que não eram anteriormente considerados no estabelecimento da qualidade, como as características de marketing, de engenharia de fabricação e de manutenção do produto e serviço, passam a ser condicionantes para a satisfação das expectativas dos consumidores (VERAS, 2009).

Assim, Feigenbaum define que a qualidade deve ser implementada como uma filosofia de gestão, onde o seu estabelecimento como objetivo principal da organização consolida o compromisso com a excelência em seus produtos e processos como seu compromisso. Além disso, a qualidade é determinada pelo consumidor, o que necessita o comprometimento da alta direção, a implantação de trabalho em grupo e o aumento do poder de decisão do trabalhador através da redução dos níveis hierárquicos.

## 4.6 Kaoru Ishikawa

Kaoru Ishikawa era um professor e consultor de empresas, nascido no Japão em 1915. Apesar de graduar-se em química pela Universidade de Tóquio, teve papel de grande destaque no desenvolvimento do modelo de gestão japonês através de contribuições à formulação do CWQC, que enfatizava a participação do ser humano na qualidade, diferenciando-o, portanto, do TQC de Feigenbaum.

Ishikawa propôs que as organizações deveriam estabelecer os chamados Círculos de Controle da Qualidade (CCQ), os quais trabalhadores voluntários formariam grupos focados na melhoria contínua e se reuniam regularmente para analisar e solucionar problemas. Assim, os CCQ's se tornaram uma maneira de colocar em prática os conceitos do controle de qualidade total japonês, considerando que seu aspecto

humano se apresentava no fato que os trabalhadores de todos os níveis e setores da empresa assumirem responsabilidade sobre a qualidade (VERAS, 2009).

Além disso, Ishikawa também foi muito importante na sistematização das sete ferramentas básicas da qualidade, as quais deveriam ser utilizadas de maneira constante pelos CCQ's para a análise e solução dos problemas. As ferramentas de controle da qualidade são: Análise de Pareto; Diagrama de Causa e Efeito ou Diagrama Espinha de Peixe; Histograma; Folhas de Controle; Diagramas de Escada; Gráficos de Controle; e Fluxos de Controle.

## **4.7 Genichi Taguchi**

Genichi Taguchi nasceu no Japão, em 1924 e graduou-se em engenharia e estatística. A sua fama veio do fato de diferenciar-se dos outros mestres da qualidade através do foco de suas atividades de qualidade no projeto do produto e não na produção, o que chamou de controle de qualidade off-line.

Dentre as definições de qualidade propostas pelo autor, destaca-se aquela em que o Taguchi (1990) defende que a "qualidade é a diminuição das perdas geradas por um produto, desde a produção até seu uso pelos clientes". Nessa visão, a qualidade deve ser tratada desde o início do produto até seu destino final, ou seja, a melhoria contínua deve estar presentes desde a fase de projeto, o que resultará em uma menor variabilidade dos processos e, conseqüentemente, na redução de desperdícios.

Além disso, Taguchi propunha que a qualidade poderia ser mensurada através das perdas geradas para a sociedade, as quais deveriam ser estimadas em função do tempo de vida útil do produto. Assim, o atendimento às especificações possuía menor influência na qualidade final do que o desempenho e características apresentadas pelo produto, o que necessitava o monitoramento e controle das variabilidades (ROCHA, 2009).

## **5. Considerações Finais**

Através da pesquisa teórico-conceitual desenvolvida foi apresentada a evolução histórica da qualidade, bem como as principais contribuições daqueles estudiosos considerados como mestres da área. Portanto, o objetivo proposto neste trabalho foi alcançado.

Dentre as principais contribuições para o conceito de qualidade identificados por meio da apresentação das quatro grandes eras da qualidade, destacam-se: a

implementação de tolerâncias, controle dimensional e padronização de produtos, controlados através de departamentos de inspeção durante a Era da Inspeção; a redução da variabilidade dos sistemas de produção através da inserção de métodos estatísticos na Era do Controle Estatístico da Qualidade; a criação, desenvolvimento e implantação de programas, normas e sistemas padronizados de controle da qualidade, levando, durante a Era da Garantia, a responsabilidade pela qualidade do produto para toda a cadeia produtiva; e o estabelecimento da qualidade como estratégia e oportunidade de diferenciação frente às necessidades do consumidor na Era da Gestão da Qualidade Total.

Além disso, foi possível perceber que os estudos desenvolvidos pelos mestres da qualidade aqui apresentados tiveram papel relevantes durante todas as fases de evolução do conceito de qualidade. Assim, vale ressaltar a contribuição de Shewhart para o controle estatístico da qualidade, os conceitos de solução de problemas e melhoria de sistemas propostos por Deming, Juran e Crosby, a implantação dos sistemas de qualidade padronizados defendidos por Feigenbaum e Ishikawa, além do controle da qualidade desde o projeto introduzido por Taguchi.

Dessa maneira, a presente pesquisa contribui quanto à explicitação da maneira pela qual aconteceu a evolução da qualidade, até que os conceitos e teorias utilizadas atualmente fossem estabelecidos. Além disso, a apresentação dos principais mestres da qualidade instiga estudos desenvolvidos sobre o tema qualidade não apenas nas organizações, mas também nos ambientes acadêmicos.

---

## The Historical Evolution and the Masters of Quality

**Abstract:** The quality evolution throughout the history has gone through different phases. Currently, the concept of quality is used for many situations and contexts and is widespread to all areas of knowledge and corporate environments. Many theorists had a relevant role in the construction of the concepts related to the field, assisting the development of several techniques, methodologies and tools of quality. The purpose of this article is to explain about the main phases of quality evolution, highlighting its main characteristics and contributions, besides to list the major quality thinkers and their theories. For both, it was used the method of theoretical-conceptual research. The following teachers of quality were discussed: Walter A. Shewhart, William Edwards Deming, Joseph M. Juran, Philip B. Crosby, Armand V. Feigenbaum, Kaoru Ishikawa, e Genichi Taguchi. Among the main facts observed throughout the great eras of quality should be highlighted: the implementation of tolerances, dimensional control and standardization of products, and the decrease of variability in production systems by the insertion of statistical methods,

**Keywords:** Quality; Historical evolution; Theoretical-conceptual research.

---

## Referências bibliográficas

BARÇANTE, L. C. **Qualidade Total: uma visão brasileira, o impacto estratégico na universidade e na empresa.** Rio de Janeiro: Campus, 1998.

BERTO, R. M. V. S.; NAKANO, D. N. **Metodologia da pesquisa e a engenharia de produção.** Produção. ano 5. v. 9, n° 2, p. 65-75, jul. 2000. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/prod/v9n2/v9n2a05.pdf>> Acesso em: 11 nov. 2014.

BUENO, M. **Gestão Pela Qualidade Total: Uma Estratégia Administrativa. Um Tributo ao Mestre do Controle da Qualidade Total Kaoru Ishikawa.** Revista do Centro do Ensino Superior de Catalão. Catalão, ano 5, n. 8, p. 23-55, 2003. Disponível em: <[http://www.cesuc.br/revista/ed-3/gest%E3o\\_pela\\_qualidade\\_total.pdf](http://www.cesuc.br/revista/ed-3/gest%E3o_pela_qualidade_total.pdf)> Acesso em: 17 jun. 2014.

CARVALHO, M. M. **Histórico da Gestão da Qualidade**. In: CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (coord). *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2012.

FEIGENBAUM, A. V. **Total Quality Control: engineering and management**. New York: McGraw-Hill, 1961. 627 p.

GARVIN, D. A. **Gerenciando a Qualidade: a visão estratégica e competitiva**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002, p. 357.

HEERDT, M. L.; LEONEL, V. **Metodologia Científica e da Pesquisa: livro didático**. 5 ed. Palhoça: UnisulVisual, 2007, 266 p.

OLIVEIRA, O. J. **Gestão da Qualidade: Introdução à História e Fundamentos**. In: OLIVEIRA, O. J. (org). *Gestão da Qualidade: Tópicos Avançados*. Thomson, 2003, 243 p.

PALADINI, E. P. **Ferramentas para a Gestão da Qualidade**. In: CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. (coord). *Gestão da Qualidade: Teoria e Casos*. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier - ABEPRO, 2012.

QUEIROZ, E. K. R. de. **Qualidade segundo Garvin**. São Paulo: Annablume, 1995, 118 p.

RIBEIRO NETO, J. B. M.; TAVARES, J. da C.; HOFFMANN, S. C. **Sistemas de Gestão Integrados: qualidade, meio ambiente, responsabilidade social e segurança e saúde no trabalho**. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2008.

ROCHA, M. C. F. **Gestão da Qualidade**. Curitiba: IBPEX - ULBRA, 2009, 149 p.

SILVA, H. H. R.; SILVA, M. L. A. **Metodologia da pesquisa**. São Paulo: Salesiano, 2004.

STEVENSON, W. J. **Administração das Operações de Produção**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TAGUCHI, G. **Engenharia da Qualidade em Sistemas de Produção**. São Paulo: McGraw-Hill, 1990.

VERAS, C. M. dos A. **Gestão da Qualidade**. São Luis: IFMA, 2009.