



# **ENGENHARIA: CRIAÇÃO, CONSTRUÇÃO E MANUTENÇÃO**

VOLUME III



Frederico Celestino Barbosa

Engenharia: criação, construção e manutenção

3ª ed.

Piracanjuba-GO  
Editora Conhecimento Livre  
Piracanjuba-GO

3ª ed.

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Barbosa, Frederico Celestino  
B238E Engenharia: criação, construção e manutenção

/ Frederico Celestino Barbosa. – Piracanjuba-GO

Editora Conhecimento Livre, 2021

158 f.: il

**DOI:** 10.37423/2021.edcl317

**ISBN:** 978-65-89955-65-8

Modo de acesso: World Wide Web

Incluir Bibliografia

1. projetos 2. implantação 3. desenvolvimento 4. sistemas I. Barbosa, Frederico Celestino II. Título

CDU: 620

<https://doi.org/10.37423/2021.edcl317>

**O conteúdo dos artigos e sua correção ortográfica são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.**

# EDITORA CONHECIMENTO LIVRE

## Corpo Editorial

Dr. João Luís Ribeiro Ulhôa

Dra. Eyde Cristianne Saraiva-Bonatto

Dr. Anderson Reis de Sousa

MSc. Frederico Celestino Barbosa

MSc. Carlos Eduardo de Oliveira Gontijo

MSc. Plínio Ferreira Pires

Editora Conhecimento Livre

Piracanjuba-GO

2021

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1</b> .....	<b>6</b>
DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO QUALITATIVO PRÁTICO AUXILIAR AO ENSINO TEÓRICO DE VIGA GERBER	
Jéssica R. R. Pontes	
George É. P. Farias	
José C. C. B. Carneiro	
Gerson M. de Almeida	
Davi V. Santos	
<b>DOI 10.37423/210804607</b>	
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	<b>16</b>
ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE EM PRÉDIOS PÚBLICOS: ESTUDO DE CASO COMPARATIVO GOIÁS E TOCANTINS	
S. B. Silva	
O. C. N. Souto	
A. Monteiro Junior	
F. L. Albuquerque	
M. S. Souza	
<b>DOI 10.37423/210804608</b>	
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	<b>31</b>
AVALIAÇÃO DO SUPORTE OPERACIONAL DO 80. FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA	
Aldery Silveira Júnior	
Isabella Ribeiro de Sá	
<b>DOI 10.37423/210804610</b>	
<b>CAPÍTULO 4</b> .....	<b>48</b>
LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	
Sandro Gomes Rodrigues	
Evaldo César Cavalcante Rodrigues	
Aldery Silveira Júnior	
José Matsuo Shimoishi	
Marcos Antonio Dozza	
<b>DOI 10.37423/210804611</b>	
<b>CAPÍTULO 5</b> .....	<b>63</b>
UM ESTUDO COMPARATIVO DE PROPOSTAS DE ALGORITMOS DE ESCALONAMENTO PARA O PADRÃO IEEE 802.16	
Henaldo Barros Moraes	
<b>DOI 10.37423/210804637</b>	

<b>CAPÍTULO 6</b> .....	<b>78</b>
ANÁLISE DOS INDICADORES DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ, SUDESTE PARAENSE	
Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos-de-Oliveira	
Danielly Nathaline de Sousa Andrade	
Fabiana de Aquino Reis Borges	
Marco Antonio Almeida Tavares	
<b>DOI 10.37423/210804640</b>	
<b>CAPÍTULO 7</b> .....	<b>88</b>
APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA MISTA PARA MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS EM LAVANDERIA TÊXTIL: DIMENSIONAMENTO E SEQUENCIAMENTO DE LOTES	
Juliana Adrian Emidio	
Esdras Penedo de Carvalho	
Mauro Antonio da Silva Sa Ravagnani	
<b>DOI 10.37423/210804642</b>	
<b>CAPÍTULO 8</b> .....	<b>105</b>
INTERAÇÃO ENTRE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO E DAS ENGENHARIAS ATRAVÉS DO ATEC	
Maria Marta Ribeiro da Costa	
Lucas Silvestre Chaves	
Daniel Martins Papini Mota	
Dayse Nascimento Anselmo	
Patricia Maria Soares	
<b>DOI 10.37423/210804655</b>	
<b>CAPÍTULO 9</b> .....	<b>117</b>
DESENVOLVIMENTO DE MANIPULAÇÃO DE OBJETOS GEOGRÁFICOS DELIMITADORES DE ÁREA DE MUNICÍPIOS EM UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMBIENTAL	
Vania Elisabete Schneider	
Adriano Gomes da Silva	
Luiz Afonso Baron Bortoluzzi	
<b>DOI 10.37423/210804672</b>	
<b>CAPÍTULO 10</b> .....	<b>128</b>
MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA E LETRAMENTO TECNOMATEMÁTICO EM CURSOS DE ENGENHARIA	
Rutyele Ribeiro Caldeira Moreira	
Luciano Nascimento Moreira	
<b>DOI 10.37423/210904692</b>	

**CAPÍTULO 11 ..... 141**

VANTAGENS PROJETISTAS DEPREENDIDAS DAS CONFIGURAÇÕES EFETUADAS NO TÓPICO CORRIMÃOS DA NBR 9050 EM 2020

Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos-de-Oliveira

Heitor Borges Cruz

Carlos Francisco dos Santos Brasil

**DOI 10.37423/210904693**

**CAPÍTULO 12 ..... 153**

ESTUDO DE BAGAÇO DE MALTE DE CEVADA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA PARA IMPLEMENTAÇÃO EM RAÇÃO ANIMAL

Gabriel Borges Castro

Gabriel Duarte Ribeiro

Leonardo Augusto Martins de Sousa

**DOI 10.37423/210904694**

# Capítulo 1



10.37423/210804607

## DESENVOLVIMENTO DE UM MODELO QUALITATIVO PRÁTICO AUXILIAR AO ENSINO TEÓRICO DE VIGA GERBER

*Jéssica R. R. Pontes*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará - IFCE*

*George É. P. Farias*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará - IFCE*

*José C. C. B. Carneiro*

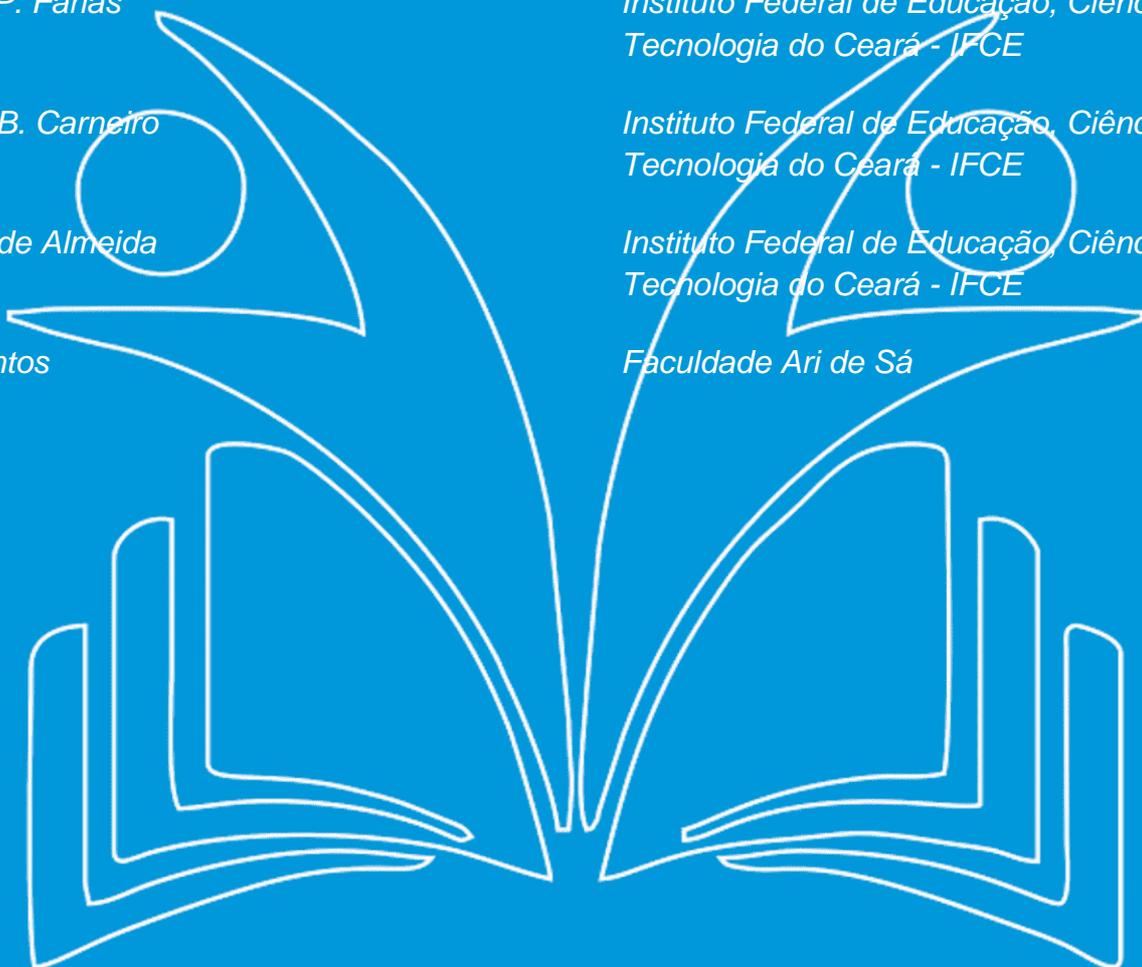
*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará - IFCE*

*Gerson M. de Almeida*

*Instituto Federal de Educação, Ciência e  
Tecnologia do Ceará - IFCE*

*Davi V. Santos*

*Faculdade Ari de Sá*



**Resumo:** *O uso de modelos didáticos qualitativos é uma ferramenta de auxílio e estímulo no ensino de cursos de engenharia. Essa prática surge como uma resposta ao modelo clássico, conservador de ensinar e suas deficiências, que não condiz com a necessidade atual. Tendo isso em vista, o presente artigo refere-se ao desenvolvimento e análise de um modelo qualitativo de viga Gerber, visando melhorar a visualização dos esforços e comportamento desse elemento. Essa análise foi realizada por meio de um questionário respondido pelos discentes do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE, sobre a aplicabilidade da metodologia. Por meio desse viés, foi possível observar o benefício que essa nova metodologia prática de peças tridimensionais aliadas à teoria trouxe para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos, demonstrando sua aplicabilidade para ilustrar conceitos e métodos no ensino de Viga Gerber. Os resultados confirmaram o proveito para a ilustração e a melhoria no ensino de engenharia, sendo recomendado o uso contínuo dessa ferramenta para futuras turmas do curso em geral.*

**Palavras-chave:** *Modelo didático qualitativo. Visualização. Viga Gerber. Ensino-aprendizagem. Aplicabilidade.*

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da Engenharia e de seu ensino no Brasil, teve início formal em 17 de dezembro de 1792, conforme registram os autores Pardal (1986) e Telles (1994), na Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, situada no Rio de Janeiro. Com o passar dos anos, outras instituições foram surgindo e com isso veio à necessidade da normatização destas escolas.

De acordo com artigo 3 da Resolução 11 do Conselho Nacional de Educação (CNE) e Câmara de Educação Superior (CES), os cursos de engenharia tem como objetivo geral formar profissionais generalista, com formação humana, capazes de identificar e resolver problemas, desenvolvendo novas tecnológicas, de forma atuante em equipes multidisciplinares, agindo com ética, criatividade e sendo empreendedores na idealização de um projeto, construção, operação ou manutenção de edificações ou infraestruturas, atendendo às questões políticas, econômicas, sociais, ambientais e culturais, essenciais para as demandas proveniente da sociedade (MEC,2002).

De forma geral, na formação do profissional de engenharia, é esperado a capacidade criativa de solução de problemas, observando que este profissional tem uma visão espacial conseguindo trazer ordem ao caos, contudo esta capacidade criativa é prejudica tendo em vista o método analítico tradicional.

É no ingresso ao ensino superior que o discente aprende conteúdos essenciais para a futura profissão. Durante esse processo de aprendizagem, o método mais usado na graduação é o modelo de ensino tradicional que possui ênfase na transmissão dos conhecimentos (Saviani, 1991), cabendo aos docentes, sujeito ativo no processo de ensino-aprendizagem, transmitir o conhecimento aos discentes, passivos ouvintes, criando um ciclo de aprendizagem mecânica, alienada e massiva. Este é o ensino que ainda predomina hoje nas universidades, que muitas vezes impede o bom aprendizado e desenvolvimento do aluno, incorrendo num modelo de aula entediante, sem qualquer senso de autonomia dos alunos (ABEYSEKERA E DAWSON, 2015).

No ensino clássico e conservador, o tutor profere os conteúdos, cabendo ao aluno compreender e aceitar, não tendo profundidade para questionar, onde segundo ANDREWS *et al.* (2011) inúmeras dificuldades no processo de aprendizagem é devido a passividade, formando alunos limitados a receber a teoria como ela esta sendo apresentada, apenas no papel, sem uma visão espacial e prática. PINTO E OLIVEIRA (2012) reiteram que o impedimento no ensino de engenharia é ausência

metodológica. O aprender varia de acordo com cada indivíduo, dependendo das suas preferências, características em processá-las e construir um novo entendimento (CURY, 2000).

Tratar o aprendizado de todos os alunos de maneira igualitária com ensino convencional e metodologia deficiente contribui para elevação das reprovações. Na engenharia, dentre as disciplinas com os mais elevados valores de reprovação, estão as matérias de estrutura e mecânica (SILVA; KOSTESKI, 2015 apud NEIVA, 2017).

Analisando esses índices de reprovação nas disciplinas de engenharia no Brasil, pode-se citar que isto está relacionado com a base dos cursos, e sua forte fundamentação em física e matemática (NEIVA, 2017), além da elevada carga horária de outras disciplinas puramente teóricas e abstratas, sem ligação suficiente com aulas práticas, gerando desmotivação e desinteresse dos discentes desencadeando nos índices de reprovação já mencionados anteriormente (PEREIRA, 2003). É possível perceber as dificuldades dos alunos, na compreensão e visualização de fenômenos relativos à estrutura e suas resistências (BARBIERI, 2009).

Nesse contexto, a inserção de atividades práticas, aplicadas a exemplos reais, facilita, estimula e atrai os alunos desenvolvendo-os cumulativamente ao longo do curso, beneficiando-se da união entre a teoria e a prática, que são um todo único para o conhecimento (VALDIERO *et al.*, 2006).

Com o objetivo de melhorar a capacidade de entendimento dos alunos sobre vigas Gerber (SCHUWARK (1996), a pesquisa implementou e avaliou a utilização de um modelo qualitativo desta estrutura em uma turma de engenharia civil, da disciplina de mecânica geral II. O modelo foi utilizado para demonstração do comportamento físico ao longo do sistema isostático.

## 2 METODOLOGIA

A utilização do modelo qualitativo de viga Gerber foi feita na turma do quarto período de engenharia civil, durante do semestre 2019.1, composta por 25 alunos.

A abordagem do assunto iniciou-se através do ensino tradicional, professor explanando e alunos acompanhando. Assim foram introduzidos todos os conceitos ligados a viga Gerber, utilizando quadro branco, pincel e desenhos esquemáticos. Ainda de maneira analítica executou-se a determinação das reações de apoio, os esforços cortantes e momentos fletores no elemento estrutural. Finalmente, por meio de equações e esforços nas seções chaves traçou-se os diagramas de esforços internos.

Após abordagem de todo o conteúdo teórico e resolução de exemplos no quadro branco foi apresentado aos alunos o modelo estático para viga Gerber. Através do modelo foi mostrado a divisão da viga Geber em vigas com e sem estabilidade própria, a movimentação da rótula, transmissão de esforços e as reações de apoio.

Finalizada a exposição do conteúdo teórico com o modelo qualitativo da viga Gerber foi aplicado um questionário objetivo para avaliação da percepção dos alunos sobre a metodologia abordada. Os resultados foram organizados em planilha eletrônica e analisados.

A seguir é apresentado o modelo do questionário aplicado:

Questão 1 - O modelo qualitativo ajudou à melhorar o entendimento dos conceitos de viga Gerber?

Sim;  Não;

Questão 2 - Qual dos métodos utilizados para explicar vigas Gerber você achou melhor?

- Método analítico tradicional (esquema e figuras no quadro);

- Método com modelo qualitativo (maquete da estrutura);

Questão 3 - Qual dos dois métodos utilizados na abordagem de vigas Gerber você achou mais interessante?

- Método analítico tradicional (esquema e figuras no quadro);

- Método com modelo qualitativo (maquete da estrutura);

Questão 4 - Você acha que os dois métodos de abordagem do conteúdo de vigas Gerber devem ser utilizados simultaneamente?

Sim;

Não;

Questão 5 - Você recomenda o uso do método qualitativo como abordagem de vigas Gerber em outras turmas?

Sim;

Não;

Questão 6 - Você recomenda o uso do método qualitativo como abordagem de outros conteúdos da disciplina?

( ) Sim;

( ) Não;

### 3 RESULTADOS E DISCUSÕES

Neste tópico são apresentados os resultados das respostas dos alunos após a utilização do modelo qualitativo da viga Gerber. Os dados foram organizado na tabela a seguir:

Tabela 1 – Resposta dos alunos do questionário para avaliação do uso do modelo qualitativo de viga Gerber

QUESTÃO	ALTERNATIVAS	RESPOSTA DOS ALUNOS	PERCENTUAL (%)
1	Sim	25	100
	Não	0	0
2	Método analítico tradicional (esquema e figuras no quadro)	8	32
	Método com modelo qualitativo (maquete da estrutura)	17	68
3	Método analítico tradicional (esquema e figuras no quadro)	1	4
	Método com modelo qualitativo (maquete da estrutura)	24	96
4	Sim	25	100
	Não	0	0
5	Sim	25	100
	Não	0	0
6	Sim	25	100
	Não	0	0

Fonte: Autores

Analisando o resultado das questões 1, 4, 5 e 6 verificamos que a turma foi unanime em assinalar a alternativa sim. Estas respostas indicam que o modelo qualitativo ajudou a entender os conceitos sobre o conteúdo, que deve ser utilizado como ferramenta complementar ao estudo analítico desse tipo de viga, e recomendam a replicação dessa metodologia em outras turmas e disciplinas. PEREIRA (2003) recomenda a utilização de método de ensino com análise qualitativa, de modo a facilitar a visualização do conteúdo e incentivando a participação.

Quanto a preferência entre o método analítico tradicional e o modelo qualitativo, pergunta da segunda questão, 8 (32%) alunos indicaram que preferem o método tradicional de abordagem do conteúdo. Os outros 17 (68%) preferiram o modelo qualitativo para análise da viga, porém, ao

responder a quarta questão todos concordaram que os dois métodos devem ser utilizados juntos para melhor entendimento da matéria.

Entre as duas formas de abordagem do conteúdo o método mais interessante para 96% da turma foi o modelo qualitativo. Apenas um dos alunos apontou que prefere o modelo analítico.

A utilização do modelo qualitativo de viga Gerber inseriu dentro da aula uma sensação de prática de laboratório, permitindo a interação entre alunos, professor e modelo. MARTIN et al. (2001) comentam a necessidade de práticas laboratoriais para disciplinas de estruturas pois demandam do aluno uma grande capacidade de abstração, devido os diferentes tipos estruturais e seus carregamentos, frente à diversidade de solicitações, conceitos e aplicações para uma análise estrutural.

As respostas dos alunos mostraram um resultado positivo na inserção da metodologia com modelos qualitativos para estudo do elemento gerando motivação para o discente e tornando a experiência do aluno mais produtiva conforme mencionado por JUNIOR E ALENCASTRO, 2017 e PEREIRA, 2003.

Os dados indicam que a utilização de um método qualitativo torna a aula e a abordagem do conteúdo mais atraentes, além de auxiliar os alunos na compreensão e entendimento da matéria, sendo este um recurso complementar ao conteúdo teórico ministrado em sala. Isto possibilita que o aluno não apenas memorize um processo, fórmula ou cálculo, mas sim desenvolva a habilidade de compreender o conteúdo (ANASTASIOU & ALVES, 2012).

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o objetivo de aprimorar o processo de aprendizagem sobre viga Geber foi avaliado a utilização de um modelo qualitativo para abordagem desse conteúdo. A pesquisa constatou que a implementação do método qualitativo contribui positivamente para uma melhor assimilação do conteúdo teórico, sendo essa ferramenta um auxílio para os discentes obterem uma melhor compreensão dos conteúdos ministrados.

Também ficou perceptível o interesse do aluno ao ver o modelo estrutural da viga Gerber. Houve movimentação na sala gerando uma interação entre pares, alguns alunos comentaram que conseguiram entender o comportamento da rótula e da estabilidade própria dos trechos da viga e houve maior interação entre a turma e professor sobre o assunto.

O resultado favorável do questionário sinaliza para utilização dessa ferramenta, não apenas para a abordagem de vigas Gerber, mas os demais conteúdos da disciplina. Além disso oferece subsídio para

multiplicação dos modelos para os alunos manusearem em equipes durante a abordagem em sala de aula.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos aos alunos do curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza, pela colaboração na pesquisa, assim como ao professor George Farias pela orientação e coordenação deste projeto.

## REFERÊNCIAS

- ABEYSEKERA, A.; DAWSON, P. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: definition, rationale and a call for research. *Higher Education Research & Development*, v. 34, n. 1, p. 1-14, 2015.
- ANASTASIOU, LÉA, G. C.; ALVES, LEONIR P. *Processos de Ensino na Universidade*. Ed Univille, 2012.
- ANDREWS, T.; LEONARD, M.; COLGROVE, C.; KALINOWSKI, S. Active learning not associated with student learning in a random sample of college biology courses. *Life Sciences Education*, v. 10, n. 4, p.394-405, 2011.
- BARBIERI, J. R. P. *Desenvolvimento e construção de uma bancada didática para ensaio de pórticos*. Panambi: UNIJUÍ, 2009. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Tecnologia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2009.
- BRASIL. MEC. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002. Institui diretrizes curriculares nacionais do curso de graduação em engenharia. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/CES112002.pdf>> Acesso em: 05 abril 2019.
- CURY, H. N. *Estilos de aprendizagem de alunos de engenharia*. PUC, Rio de Janeiro, 2000.
- JUNIOR, E.L.R.; ALENCASTRO, M.S.C. *Um estudo acerca das novas abordagens metodológicas para o ensino de engenharia*. COBENGE, 2017.
- MARTIN, Z.; PRAVIA, C.; ORLANDO, D. *Modelos qualitativos de treliças planas: Construção e aplicação no ensino da análise e comportamento estrutural*. Cobenge, Porto Alegre, 2001.
- MELO, M.S.P.; SILVA, D.L.; FEITOSA, M.A.F.; CAVALCANTI, G.O. *Análise da evasão nos cursos de engenharia da universidade de Pernambuco*. COBENGE, 2017.
- NEIVA, P.H.G.; BATISTA, A.L.S.; ALMEIDA, A.G.; JÚNIOR, S.J.R. *Análise qualitativa de ações de monitoria como ferramentas auxiliares ao ensino da mecânica dos sólidos*. Joinville: COBENGE, 2017.
- PARDAL, P. *140 anos de doutorado e 75 de livre docência no ensino de engenharia no Brasil*. Rio de Janeiro: Escola de Engenharia - UFRJ, 1986.
- PEREIRA, R.A.; MORAES, A.J.; SILVEIRA, J.C.P. *A diminuição do índice de evasão e do índice de reprovação nas “disciplinas básicas” do curso de engenharia*. Rio de Janeiro: COBENGE, 2003.
- PILETTI, C. *Didática geral*. São Paulo: Ática, 1999. 258 p. PINTO, D.; OLIVEIRA, V. *Reflexões sobre a prática do engenheiro-professor*. Anais do XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, COBENGE, Belém, PA, 2012.
- SAVIANI, D. *Escola e democracia*. 24. ed. São Paulo: Cortez, 1991.
- Schwark, Martin Paul. *Sugestões para um curso intuitivo de Teoria das Estruturas*, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, 1996.

TELLES, P. C. S. História da engenharia no Brasil: séculos XVI a XIX. 2. ed. Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

VALDIERO, A.C.; GILAPA, G.M.M.; BORTOLAIA, L.A. Ensino de engenharia mecânica orientado aos desafios da sociedade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 34., Passo Fundo. Anais. Passo Fundo: UPF – Faculdade de Engenharia e Arquitetura, 2006.

# Capítulo 2



10.37423/210804608

## ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DE SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO À REDE EM PRÉDIOS PÚBLICOS: ESTUDO DE CASO COMPARATIVO GOIÁS E TOCANTINS

*S. B. Silva*

*Instituto Federal do Triângulo Mineiro*

*O. C. N. Souto*

*Instituto Federal de Goiás*

*A. Monteiro Junior*

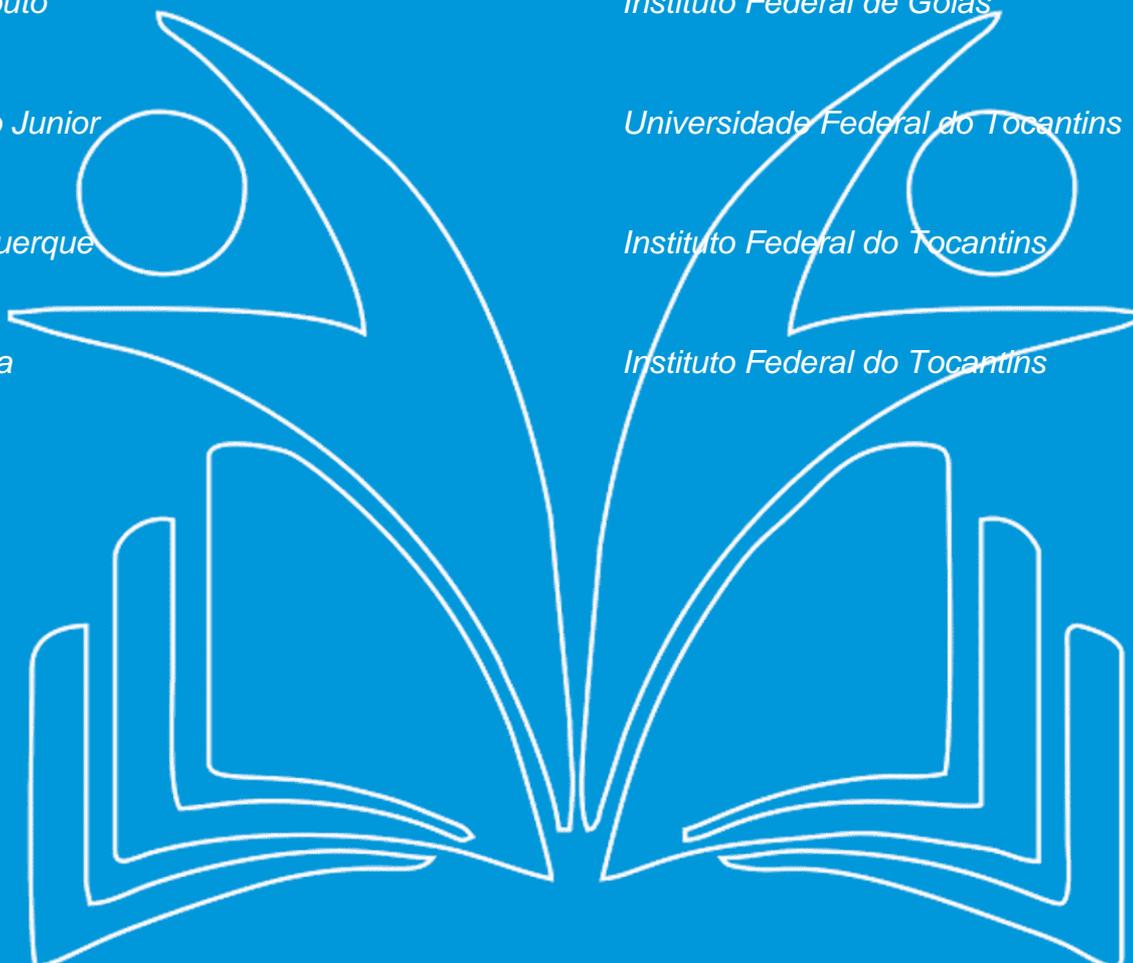
*Universidade Federal do Tocantins*

*F. L. Albuquerque*

*Instituto Federal do Tocantins*

*M. S. Souza*

*Instituto Federal do Tocantins*



**Resumo:** Este trabalho analisa a viabilidade econômica da instalação de um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica (SFCR) de potência 100kWp em duas instituições pública de ensino: o Instituto Federal do Tocantins (IFTO) – Campus Palmas e o Instituto Federal de Goiás (IFG) – Campus Itumbiara. A partir de uma potência estabelecida para ambos os campi, através de simulações computacionais procurou-se identificar qual das duas instituições apresenta melhor relação custo/benefício com a inserção da geração FV. O cálculo do *Payback* para o campus do IFG resultou no tempo de retorno do investimento de 8,23 anos, cerca de 4 anos a menos, comparado ao tempo de retorno para o campus do IFTO.

**Palavras-Chave :** Energia Solar, Geração Distribuída, Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede.

## INTRODUÇÃO

Devido às mudanças climáticas, o cenário global de energia elétrica vem passando por mudanças significativas na sua matriz energética. O efeito estufa, resultado da queima de combustíveis fósseis, constitui-se, atualmente, no principal fator motivo para o uso de fontes renováveis de energia. Adicionalmente a este grave problema, deve-se destacar que tais combustíveis são provenientes de fontes finitas de energia além de serem agentes poluidores do ar. Diante de tais aspectos, a energia solar fotovoltaica e a eólica tem crescido em todo o mundo apesar ainda dos custos serem relativamente elevados. O novo desafio que se enfrenta na atualidade é garantir que a energia gerada pelas fontes renováveis possa acompanhar o aumento da demanda e com isso assegurar um mínimo de impacto ambiental. A energia solar tem-se destacado devido à redução dos custos associados a tais sistemas e este fato tem contribuído para o crescimento exponencial no Brasil e no mundo. Seja os sistemas fotovoltaicos (FV) em larga escala como aqueles de pequena potência instalados nos telhados de residências o que se observa e que a partir do momento que o governo de cada país estabelecer as regras de conexão ao sistema elétrico e definir o mecanismo de remuneração da energia produzida e injetada no sistema da concessionária [1].

De acordo com o Relatório Global de Energias Renováveis [2], o mercado mundial de energia solar FV em 2015 cresceu 25% em quando comparado com o ano de 2014 alcançando uma capacidade total de 227 GW. A capacidade acumulada em 2015 foi de quase 10 vezes a capacidade de energia solar FV acumulada do mundo de uma década antes. Conforme ilustra a Figura 1, países como China, o Japão e os Estados Unidos são os maiores em termos de capacidade instalada. Pode-se observar, pela Figura 1, que os mercados emergentes em todos os continentes têm contribuído para o crescimento mundial da energia solar FV.

Quando comparado com os demais países, o Brasil possui inúmeras vantagens para garantir o pleno desenvolvimento da energia solar FV. Além do alto nível de insolação, possui grandes reservas de quartzo de boa qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, utilizado na fabricação das células e módulos solares [3].

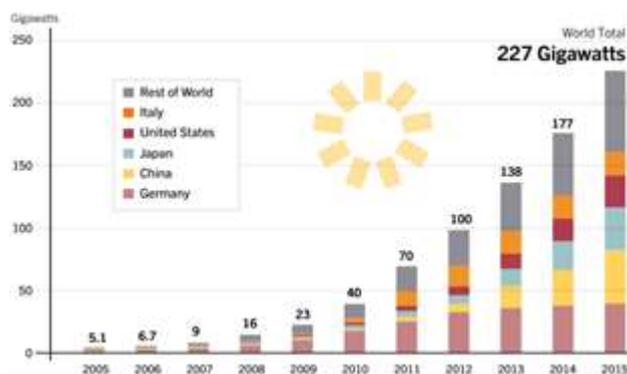


Fig. 1. Capacidade Global Solar FV por região, 2005-2015. Fonte: REN21 (2016).

Mesmo nas regiões com baixa irradiação solar no território brasileiro, o potencial de aproveitamento é considerável, sendo que a irradiação média brasileira é de 5,2 kWh/m<sup>2</sup>/dia, com mínima de 4,25 kWh/m<sup>2</sup>/dia no estado de Santa Catarina e máxima de 6,75 kWh/m<sup>2</sup>/dia na Bahia [4].

Conforme mostra a Tabela I, a radiação solar média em qualquer parte do território brasileiro é bem superior a radiação incidente na maioria dos países da união europeia como França, Alemanha, Espanha, etc. que recebem fortes incentivos governamentais para o aproveitamento da energia solar [5].

Tabela I – Irradiação Solar por País [6].

País	Irradiação Solar [kWh/m <sup>2</sup> /dia]			Área [mil km <sup>2</sup> ]
	Mínima	Máxima	Média	
Alemanha	2,47	3,42	2,95	357,02
França	2,47	4,42	3,49	543,97
Espanha	3,29	5,07	4,18	504,97
Brasil	4,25	6,75	5,50	8.515,77

Uma análise que merece destaque consiste no cálculo da capacidade de geração FV considerando a área disponível nos telhados das residências e a comparação com o consumo destes mesmos consumidores residenciais. A Tabela II apresenta os valores do potencial FV em relação ao consumo residencial no Brasil por estado [7].

Tabela II – Potencial de geração FV em residências.

Estado	Potencial Fotovoltaico Residencial [MW médios]	Potencial Fotovoltaico Residencial [GWh/ano]	Consumo Residencial Anual 2013 [GWh]	Potencial Fotovoltaico / Consumo Residencial
AC	110	964	373	258%
AL	505	4.424	1.227	361%
AM	420	3.679	1.784	206%
AP	80	701	500	140%
BA	2.360	20.674	6.144	337%
CE	1.430	12.527	3.751	334%
DF	410	3.592	2.191	164%
ES	595	5.212	2.213	236%

GO	1.220	10.687	3.958	270%
MA	1.020	8.935	2.563	349%
MG	3.675	32.193	10.118	318%
MS	505	4.424	1.571	282%
MT	570	4.993	2.182	229%
PB	1.020	8.935	2.632	339%
PB	655	5.738	1.603	358%
PE	1.410	12.352	4.563	271%
PI	555	4.862	1.328	366%
PR	1.960	17.170	6.986	246%
RJ	2.685	23.521	12.833	183%
RN	555	4.862	1.805	269%
RO	265	2.321	1.084	214%
RR	65	569	345	165%
RS	1.970	17.257	7.750	223%
SC	1.075	9.417	4.935	191%
SE	350	3.066	979	313%
SP	7.100	62.196	38.783	160%
TO	255	2.234	695	321%
<b>TOTAL</b>	<b>32.820</b>	<b>287.505</b>	<b>124.896</b>	<b>230%</b>

Pode-se observar pela Tabela II, que relação média entre o potencial solar FV e a energia consumida no setor residencial é de 230%, significando que a capacidade de geração chega a ser mais do que duas vezes o consumo residencial. De acordo com as pesquisas realizadas pela Empresa de Pesquisa em Energia (EPE), todo o montante de energia consumido em 2011 no sistema interligado nacional, e toda a energia gerada e distribuída no território brasileiro, poderia ser gerada por painéis solares ocupando uma área de 2.400 km<sup>2</sup> estando num local de irradiação média de 1400 kWh/m<sup>2</sup>/ano [3].

A energia solar no Brasil teve seu início com o Programa de Desenvolvimento Energético dos Estados e Municípios (PRODEEM). Este programa foi criado em 1994 pelo governo federal, e objetivou distribuir energia elétrica em áreas isoladas, por meio de kits de energia FV, atendendo, principalmente, escolas e postos de saúde da zona rural. Ao todo, foram instalados no período de junho de 1996 a dezembro de 2001 mais de 8.700 sistemas de microgeração solar FV autônoma (*off-grid*) em todo o território nacional, totalizando cerca de 5,2 MWp de potência instalada, sendo considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando painéis solares a nível mundial [8].

Em agosto de 2011 a ANEEL lançou a chamada pública para projetos de pesquisa e desenvolvimento (P&D) com objetivo de analisar o desempenho técnico-econômico de usinas fotovoltaicas (UFV) de 0,5 MWp a 3,0 MWp, bem como os dados solarimétricos, para possível conexão à matriz energética. E mais recentemente, em abril de 2012 a ANEEL aprovou a Resolução Normativa 482/2012 (RN482), direcionada a geração distribuída permitindo que consumidores da baixa tensão pudessem produzir sua própria energia elétrica, se conectar com a concessionária e compensar o excedente gerado [9]. No fim de 2015, a RN482 sofreu aprimoramentos, os quais foram regulamentadas pela Resolução

Normativa 687/2015 (RN687), entrando em vigor no dia 1º de março de 2016 [10]. Dentre todas as fontes consideradas pela resolução normativa 482, os sistemas FV conectados à rede são a que mais tem destacado. A Figura 2 mostra a evolução do número de SFCR, registrados na ANEEL após a criação da RN482, até abril de 2016.

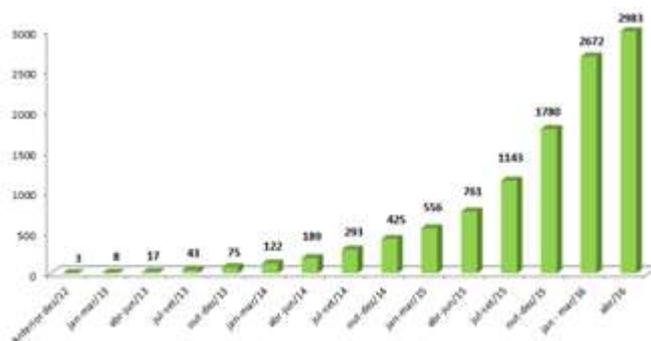


Fig. 2. Número de SFCR Instalados no Brasil

Para que o crescimento da instalação de SFCR possa ocorrer com maior velocidade, inúmeros trabalhos têm sido realizados com vistas a divulgar, para a população em geral os sistemas de microgeração solar FV [11]. Dentre as várias estratégias, vale citar:

- Selo solar: concedido a instituições, que no período de um ano consumir o mínimo de energia proveniente da fonte solar;
- Guia de Microgeradores FV: contendo instruções e procedimentos para os interessados em instalar o sistema em sua residência;
- Simulador solar: permite simular o dimensionamento de um sistema fotovoltaico de acordo com a carga do consumidor interessado;
- Lista de empresas do setor FV: relação contendo mais de 300 empresas que atuam no setor fotovoltaico no Brasil;

Dentro deste contexto, anualmente o Governo Federal tem publicado editais para estimular a instalação de SFCR em prédios públicos, principalmente nos institutos federais de ensino. Neste sentido, este trabalho de pesquisa tem por objetivo realizar uma análise comparativa da viabilidade técnica-econômica da instalação desses sistemas em dois prédios públicos que abrigam, cada um, uma instituição de ensino. Os locais de instalação estão localizados, cada um, em dois estados distintos: um Instituto Federal na cidade de Palmas-TO (IFTO) e outro em Goiás na cidade de Itumbiara (IFG) são apresentados.

## II. METODOLOGIA

Para atingir os objetivos estabelecidos para este trabalho de pesquisa, simulações computacionais foram realizadas utilizando o programa computacional PVSystems para se avaliar a viabilidade técnica e econômica da instalação de SFCR em duas regiões distintas do país. Os dados para as simulações computacionais consistiram das respectivas curvas de carga anual, de informações dos SFCR como, por exemplo, tipo de inversor, placas solares, entre outros.

### A. Características do Campus de Palmas/IFTO

O campus de Palmas é atendido com tensão de 13,8 kV, pertencente ao grupo A, com uma demanda contratada atual em 640 kW. O campus possui ainda um contrato para a tarifação horosazonal verde e, conforme resolução 687/2015 da ANEEL, a potência máxima a ser instalada de geração será aquela disponibilizada pelo sistema para a unidade consumidora, se limitando, portanto, à demanda contratada. A Figura 3 apresenta parte do campus, com áreas disponíveis para instalação dos módulos FV nos telhados. O ângulo de inclinação dos telhados é de aproximadamente 22,5 graus.



Fig. 3. Vista aérea do campus PALMAS/IFTO.

### B. Características do Campus de Itumbiara/IFG

O campus Itumbiara do IFG é atendido no nível de tensão de 13,8 kV, pertencente ao grupo A, com uma demanda contratada de 200 kW e tarifação horosazonal verde. Sua coordenada encontra-se na latitude de 18° 26' ao Sul e longitude de 49° 13' a Oeste. A Figura 4 apresenta as áreas disponíveis para instalação dos módulos FV nos telhados que possui desvio azimutal de 48° (Noroeste) e parte está com desvio de 42° (Nordeste). O ângulo de inclinação dos telhados é de aproximadamente 10 graus.



Fig. 4. Vista aérea do campus ITUMBIARA/IFG.

### C. Características do SFCR considerados neste artigo.

Os SFCR previstos para instalação em ambas as unidades estão detalhados nas tabelas que segue. Importante ressaltar que nesta etapa dos estudos foram utilizados dados reais de consumo e de radiação solar e as análises foram realizadas a partir de resultados computacionais. As Tabelas III e IV apresentam as características técnicas dos componentes utilizados nas simulações.

Tabela III – Características Técnicas do módulo.

Fabricante	CSI CANADIAN SOLAR INC
Sigla	CS6P-255P
Potência Máxima - Pmax	255 Wp
Eficiência do módulo	15,85 %
Tensão de Máxima Potência (Vmax)	30,2 V
Tensão de Circuito Aberto (Voc)	37,4 V
Corrente de Máxima Potência (Imax)	8,4 A
Corrente de Curto Circuito (Isc)	9,0 A

Tabela IV – Características Técnicas do INVERSOR.

Fabricante	PHB Eletrônica
<b>Características elétricas – Entrada CC</b>	
Máxima Potência FV	20,5 kW
Máxima tensão CC	1000 Vcc
Faixa de operação SPMP	260~850 Vcc
Tensão CC de partida	250 Vcc
Corrente CC máxima	22 A
<b>Características elétricas – Saída CA</b>	
Potência nominal CA	20 kW
Máxima Corrente CA	30 A
Saída nominal	60 Hz; 380/220 Vca
Faixa de operação	57,5~62 Hz; 176~242 VCA
THD	5%
Fator de Potência	Unitário (0,9 Capacitivo /
<b>Eficiência</b>	
Máxima	98,2 %
SPMP	> 99,5 %

Os preços praticados das tarifas de energia em cada posto horário e pelas concessionárias de energia onde foram realizadas as simulações são apresentadas na Tabela V.

Tabela V – Tarifas da Energia – Sub Grupo A4 (2,3 – 25 kV)

Local	TE (R\$/MWh)		Valor Aplicado Inc. Imp. (R\$/MWh)		Impostos Aplicados ICMS+PIS+CONFINS (Médias 12 meses - %)
	Ponta	F.Ponta	Ponta	F.Ponta	
ENERGISA	303,77	188,02	2,7320	0,3194	29,87
CELG-D	363,72	229,29	1,7123	0,4718	33,66

#### D. Características do SFCR considerados neste artigo.

A potência de pico do painel FV ( $P_{FV}$ ) que compõe um SFCR pode ser calculada pela Equação 1 definida por [10]:

$$P_{FV}(Wp) = \frac{E/TD}{HSP_{MA}} \quad (1)$$

Onde:

E (Wh/dia) - Consumo diário médio anual da edificação ou fração deste;

$HSP_{MA}$  (h) - Média diária anual das horas de sol pleno (HSP) incidente no plano do painel FV;

TD - Taxa de desempenho (adimensional).

O software PVsyst® versão 6.38, permite visualizar os efeitos em termos de irradiação anual, considerando condições ideais de orientação, inclinação e desvio azimutal. Foram utilizadas as informações solarimétricas obtidas do site da NASA, as irradiações no plano horizontal e temperaturas ambiente média diária. Para as localidades de Palmas-TO e Itumbiara-GO, tem-se, respectivamente, irradiação solar/temperatura de 5,43 kWh/m<sup>2</sup>/dia / 27,3 °C, e de 5,31 kWh/m<sup>2</sup>/dia / 24,4 °C. A Figura 5 ilustra o perfil da radiação solar mensal obtida pelo programa computacional.

Analisando a Figura 5, nota-se que a geração em Palmas, tem o seu pico nos meses de Julho e Agosto, período do ano em que o sol está em posição favorável em relação aos painéis FV, e as condições do clima também favorecem por ser o período do ano com menos nuvens. Essa geração vai diminuindo devido ao posicionamento da terra em relação ao sol em função do movimento de translação e também, à medida que vai chegando o período no qual ocorrem chuvas e tempo nublado. Para o caso de Itumbiara, nota-se que a curva é mais homogênea, resultando em maior disponibilidade de energia ao longo do ano.

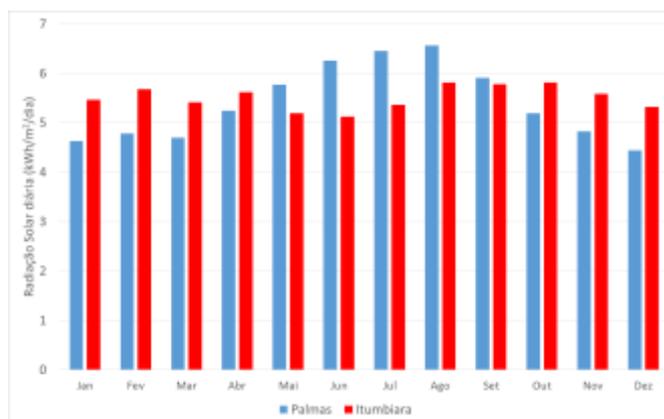


Fig. 5. Perfil anual da média mensal da radiação diária para as cidades de Palmas-TO e Itumbiara-GO.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

De acordo com a RN687, o sistema a ser instalado fica limitado à demanda contratada pelo consumidor, por este ser do grupo A.

Tendo em vista que o objetivo deste trabalho é apresentar uma análise comparativa entre duas instalações FV do Grupo A e, considerando a possibilidade do governo federal subsidiar instalações para os Institutos Federais de Educação no limite de 100kWp de potência instalada, as análises computacionais foram direcionadas para investigar o retorno financeiro destes dois sistemas com a mesma potência instalada, isto é, 100 kWp.

A análise econômica foi realizada sob a ótica do investidor (neste caso, o governo federal), com base no cálculo do *Payback* simples do projeto. Embora existam outras opções mais precisas para analisar o retorno de investimentos, o *Payback* simples ainda é a principal métrica utilizada pela população em geral [12].

#### **A. Análises de consumo e compensações por posto horário**

Utilizando o software PVSyst, foi possível estimar a produção de energia mensal para os dois SFCR.

Os consumidores do Grupo A possuem tarifas diferenciadas conforme o horário de consumo de energia ao longo do dia, sendo o período de tarifas mais onerosas denominado de Horário de Ponta, que consiste de um intervalo de 3 horas diárias onde o sistema elétrico é mais solicitado pelos consumidores, ou seja, das 18h às 21h. Neste período não há radiação solar suficiente para geração de energia pelo SFCR. A produção fica, portanto, restrita ao Horário Fora de Ponta onde conforme o consumo de energia pela edificação e a potência instalada do sistema FV poderá haver um excedente a ser injetado na rede elétrica.

Nestas condições operacionais a concessionária, de acordo com a RN687, deve realizar o sistema de compensação de energia utilizando este excedente, no horário de ponta aplicando o fator de compensação, conforme a Equação 2.

$$Fator\ de\ Compensação = \frac{TE_{FORA\_PONTA}}{TE_{PONTA}} \quad (2)$$

Onde:

*TE* - Taxa de Energia.

Neste sentido, a resolução determina que o excedente de energia gerada no período fora de ponta seja compensado no horário de ponta do mês corrente ou, conforme o caso, no mês subsequente, aplicado o fator de compensação. Quando não há excedente de energia, ou seja, o consumo foi superior à energia gerada, a compensação é realizada no período fora de ponta.

Considerando o ano de 2015, os valores de consumo na ponta e fora dela foram obtidos a partir das faturas de energia de ambas as unidades consumidoras. A Tabela VI apresenta os valores apurados que foram inseridos no programa computacional para realização das análises. Deve-se observar que o programa disponibiliza a energia gerada pelos respectivos SFCR considerando as características próprias de cada localidade.

Tabela VI – Consumo de Energia e Produção de Energia Estimados para cada Campi.

Mês	Consumo e Geração de Energia – Palmas/IFTO [kWh]			Consumo e Geração de Energia Itumbiara/IFG [kWh]		
	PONTA	FP	FV	PONTA	FP	FV
Jan	8.081	66.276	10.743	4.339	31.406	13.918
Fev	7.800	66.948	10.394	1.436	17.388	13.079
Mar	18.810	99.939	11.817	2.959	21.125	13.794
Abr	20.652	109.620	13.374	2.528	20.779	13.868
Mai	20.005	111.174	15.885	4.401	25.834	13.227
Jun	24.030	116.382	17.018	3.211	17.690	12.627
Jul	21.610	123.669	17.990	3.335	17.755	13.669
Ago	18.179	115.380	17.703	1.780	13.241	14.827
Set	19.605	126.324	14.688	4.024	21.881	14.262
Out	28.008	150.228	12.690	5.100	26.266	14.807
Nov	22.013	131.292	10.924	5.689	28.179	13.772
Dez	26.459	140.184	10.224	6.278	38.092	13.570
<b>Méd.</b>	<b>19.604</b>	<b>113.118</b>	<b>13.785</b>	<b>3.757</b>	<b>23.636</b>	<b>13.621</b>

De acordo com a Tabela VI observa-se que considerando um sistema de 100 kWp, não haverá ao longo do ano, período em que a produção de energia pelo SFCR gere excedente na unidade de Palmas. Isto se explica, naturalmente, pelo alto consumo desta unidade. Desta forma a compensação se dará no consumo de energia fora de ponta, posto horário o qual ocorre a geração FV. Para o campus de

Itumbiara-GO, o SFCR de 100 kWp produziria excedente de energia apenas no mês de agosto, no período avaliado.

Avaliando as médias anuais de consumo e geração de energia elétrica no período fora de ponta, observa-se que a relação entre energia gerada e consumo fora de ponta é de 51,14% para Itumbiara e apenas 12,19% para o campus de Palmas. Estes valores indicam que estabelecer um limite de potência instalada sem a realização de estudos específicos para cada localidade onde será instalado o SFCR pode não resultar numa redução significativa nas faturas de energia. Ainda com vistas a mostrar a relação entre a potência gerada e o consumo, foram geradas as Figuras 6 e 7, elaborados a partir da Tabela VI, ilustrando a ocorrência ou não de excedente de energia.

Vale enfatizar que a geração de energia acima do consumo no período fora de ponta seria a situação ideal porque este excedente seria compensado no período de ponta onde a tarifa de energia é mais onerosa.

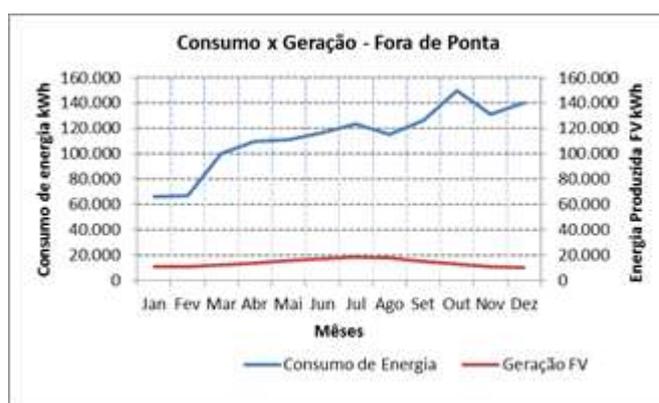


Figura 6: Comparação entre consumo de energia e geração do SFCR para campus do IFTO/Palmas.

Para o campus de Itumbiara observa-se que a geração FV está mais próxima do consumo da edificação o que irá proporcionar um maior impacto na fatura de energia conforme indica a Figura 7.

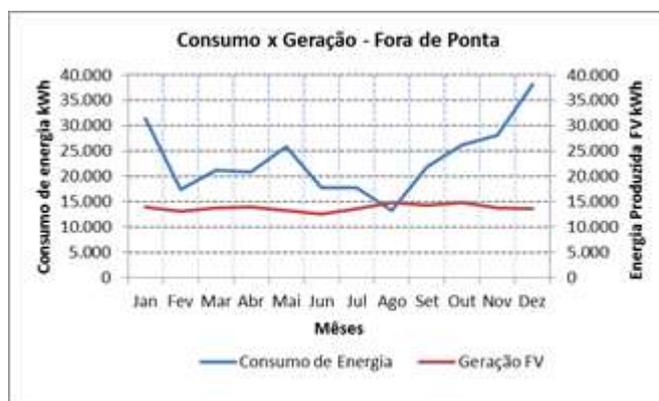


Figura 7: Comparação entre consumo de energia e geração do SFCR para campus do IFG/Itumbiara.

A partir da Figura 7, evidencia a existência de excedente de energia gerada no mês de Agosto para o campus do IFG/Itumbiara, onde será compensado no horário de ponta.

Ainda com vistas a mostrar os ganhos financeiros das duas unidades consumidoras e considerando as diferenças de tarifas entre as duas concessionárias, elaborou-se a Tabela VII que permite avaliar os ganhos financeiros com a produção de energia pelo SFCR.

Tabela VII – Resultados da compensação de energia e das tarifas com e sem o SFCR (incluindo impostos).

Mês	Campus Palmas/IFTO				Campus Itumbiara/IFG			
	Líq. FP [kWh]	Líq. Ponta [kWh]	Tarifa Atual [R\$]	Tarifa SFCR [R\$]	Líq. FP [kWh]	Líq. Ponta [kWh]	Tarifa Atual [R\$]	Tarifa SFCR [R\$]
Jan	55533	8081	43246	39815	17488	4339	22248	15681
Fev	56554	7800	42693	39373	4309	1436	10662	4491
Mar	88122	18810	83310	79536	7330	2959	15033	8525
Abr	96246	20652	91435	87163	6911	2528	14133	7589
Mai	95289	20005	90163	85090	12606	4401	19725	13484
Jun	99364	24030	102823	97388	5063	3211	13845	7887
Jul	105679	21610	98539	92793	4086	3335	14089	7639
Ago	97677	18179	86518	80864	0	780	9295	1336
Set	111636	19605	93910	89218	7619	4024	17215	10486
Out	137538	28008	124502	120448	11458	5100	21126	14140
Nov	120368	22013	102075	98586	18407	5689	24925	18426
Dez	129960	26459	117062	113796	24521	6278	28723	22320

Conforme mostra a Tabela VII, a fatura de energia elétrica do campus de Palmas terá uma redução anual de R\$ 52.207,00 reais, significando cerca de 5% de redução com a instalação do SFCR. Para o campus de Itumbiara fica evidenciado que o impacto anual foi superior onde a economia foi da ordem de R\$ 79.014,00, ou seja, 34,4% de redução nos gastos com energia elétrica.

### **B. Investimentos e análise do Payback dos SFCR**

Para avaliar o tempo de retorno do investimento da instalação dos SFCR nas duas unidades consumidoras providenciou-se o orçamento de um sistema de potência instalada de 100 kWp incluindo serviço de instalação e projeto. O valor orçado foi da ordem de R\$ 650.000,00.

O cálculo do *Payback* para a unidade de Palmas resultou no tempo de retorno do investimento de 12,45 anos e para o campus de Itumbiara 8,23 anos.

Importante observar que o método do *Payback* não considera o valor do dinheiro ao longo do tempo, no entanto, oferece um parâmetro que permite avaliar o projeto dentre outros que resulta no menos tempo de retorno do investimento realizado.

#### IV. CONCLUSÕES

Este artigo analisou a viabilidade financeira da instalação de SFCR com capacidade instalada de 100 kWp em dois prédios públicos localizados, respectivamente, em Palmas-TO e Itumbiara-GO.

A partir dos dados de consumo de energia obtidos junto a concessionária local e, levando em consideração as características locais, simulações computacionais foram realizadas com vistas a identificar o impacto do uso de geração FV nas faturas de energia elétrica de tais edificações.

O método de comparação financeira entre dois projetos foi o *Payback* que embora seja o mais simples entre as diversas alternativas para se avaliar a viabilidade financeira de projetos de engenharia, ele permite mostrar o impacto das propostas e com isso permitem tomadas de decisão.

O tempo de vida útil considerado nas análises foi de 25 anos que é o tempo de vida útil das placas solares. Como o tempo de vida útil dos inversores é de 10 anos, conforme informa o fabricante, faz-se necessária considerar no cálculo dos custos de cada sistema a substituição dos inversores a partir de 10 anos de funcionamento.

Analisando o *Payback* de cada sistema, em uma primeira análise pode-se concluir que para o campus de Itumbiara, sendo o *Payback* menor a viabilidade financeira é mais atrativa. Para o campus de Palmas-TO não se pode afirmar o mesmo, pois conforme os resultados apresentados o tempo de retorno do investimento é da ordem de 12,45 anos, maior que o calculado para Itumbiara-TO, mas ainda assim atrativo tendo em vista o tempo de vida útil do sistema ser de 25 anos.

Finalmente, faz-se importante ressaltar que a análise financeira da viabilidade de instalação de sistemas FV exige estudos aprofundados e, principalmente, informações reais de produção de energia tendo em vista que a geração FV é totalmente dependente das condições climáticas do local onde os mesmos estão instalados. Vale citar também que os módulos FV vão acumulando sujeira ao longo do tempo resultando em geração de energia inferior ao projetado. Para corroborar os estudos teóricos sobre o desempenho de sistemas fotovoltaicos é fundamental a obtenção de dados reais de geração, das condições de irradiação e temperatura e com isto correlacionar tais variáveis para identificar padrões e com isto subsidiar instaladores, pesquisadores e concessionárias de energia com informações reais da produção de energia FV.

## REFERÊNCIAS

- [1] R.A. Gabardo, T. Radaskievicz. “Aspectos técnicos e econômicos do uso residencial de painéis fotovoltaicos ligados à rede”. 2013, TCC – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Acedido em 14 de Agosto de 2015 em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br>.
- [2] REN21. Renewables 2016 Global Status Report. 2016.
- [3] BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). “Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira”. Rio de Janeiro, maio de 2012. Acedido em 05 de Janeiro de 2016 em: <http://www.epe.gov.br>.
- [4] E.B. Pereira, F.R. Martins, S.L. Abreu, R. Rüther. “Atlas Brasileiro de Energia Solar”. São José dos Campos: INPE. 2006. Acedido em: 14 de maio de 2016 em <http://www.ccst.inpe.br>.
- [5] ANEEL - Atlas de energia elétrica do Brasil. Agência nacional de energia elétrica, 2002. Acedido em 20 de janeiro de 2016 em: <http://www2.aneel.gov.br>.
- [6] WWF. Desafios e oportunidades para a energia fotovoltaica no Brasil: Recomendações para políticas públicas, Brasília, 2015. Acedido em 12 de Janeiro de 2016 em <http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca>.
- [7] BRASIL. Ministério de Minas e Energia (MME). Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Plano Decenal de Expansão de Energia 2023. Brasília: MME/EPE, 2014. Acedido em 20 de Maio de 2016 em: <http://www.epe.gov.br>.
- [8] M.A. Galdino, J.H.G. Lima, “ PRODEEM - O Programa Nacional de Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica”. IX Congresso Brasileiro De Energia. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ, 2002.
- [9] ANEEL. “RESOLUÇÃO NORMATIVA N\_482”, 2012. Acedido em: 01 outubro de 2014, em: <http://www.aneel.gov.br>.
- [10] ANEEL. “RESOLUÇÃO NORMATIVA N\_687”, 2015. Acedido em: 14 maio de 2016, em: <http://www.aneel.gov.br>.
- [11] V. Raj, B. Sigrin. “Economics of individual decision-making: buy vs. Lease differences in the adoption of residential solar”. Presented at the 31st USAEE/IAEE North America Conference, Austin, TX, EUA. 2012.

# Capítulo 3



10.37423/210804610

## AVALIAÇÃO DO SUPORTE OPERACIONAL DO 80. FÓRUM MUNDIAL DA ÁGUA

*Aldery Silveira Júnior*

*Universidade de Brasília*

*Isabella Ribeiro de Sá*

*Universidade de Brasília*



**Resumo:** O Fórum Mundial da Água é organizado pelo Conselho Mundial da Água, acontece a cada três anos e é o maior evento mundial sobre águas. A 8ª. edição desse fórum foi realizada no período de 18 a 23 de março de 2018, em Brasília – DF. O objetivo do estudo foi o desenvolvimento e aplicação de um modelo voltado para avaliar o grau de satisfação dos organizadores desse evento em relação ao suporte operacional prestado durante a realização do 8º. Fórum Mundial da Água. Para o desenvolvimento do modelo de avaliação foi utilizada a metodologia Multicritério de Apoio à decisão (MCDA), que visa estabelecer uma relação de preferências entre alternativas que estão sendo analisadas sob a influência de vários critérios. Metodologicamente, o desenvolvimento do modelo constou de sete fases: definição do rótulo do problema; identificação dos atores envolvidos no processo de avaliação; identificação dos elementos de avaliação, definidos juntamente com os organizadores; construção da árvore de valor; construção dos descritores; construção das funções de valor; e determinação das taxas de substituição. O resultado global da avaliação do suporte operacional do 8º. Fórum da Água foi considerado satisfatório, tendo atingido a nota 7,5, numa escala de zero a dez.

**Palavras-chave:** gestão de eventos; suporte operacional; avaliação multicritério.

## 1. INTRODUÇÃO

O Fórum Mundial da Água é organizado pelo Conselho Mundial da Água juntamente com o governo do país anfitrião, acontece a cada três anos e é o maior evento mundial sobre águas. Em A 8ª. edição desse fórum foi realizada no período de 18 a 23 de março de 2018, em Brasília – DF. As edições anteriores foram realizadas em: Gyeongju Daegu, Coréia do Sul, 2015; Marselha, França, 2012; Istambul, Turquia, 2009; Cidade do México, México, 2006; Quioto, Japão, 2003; Haia, Holanda, 2000; e Marrakesh, Marrocos, 1997.

Esta foi a primeira vez que o Fórum foi realizado no hemisfério sul e contou com cerca de 120,2 mil pessoas de 172 países diferentes. Além do Conselho Mundial da Água, participaram da organização do evento o Governo Federal, por meio do Ministério do Meio Ambiente, e o Governo do Distrito Federal, com o apoio da Agência Nacional de Águas (ANA) e da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal (ADASA).

Várias razões pesaram na escolha de Brasília para sediar o 8º. Fórum Mundial da Água: capital do país, localizada no centro do território brasileiro, responde pelo segundo maior PIB per capita, comporta 2,6 milhões de habitantes, abriga 151 representações estrangeiras, entre embaixadas e organismos internacionais, e é o centro político da nação.

Um evento desse porte requer um planejamento para que ele ocorra de maneira satisfatória. O planejamento pode ser dividido em 3 níveis: planejamento estratégico, tático e operacional. O planejamento operacional, atua no curto prazo, fundamentando-se nas operações rotineiras e na otimização dos resultados e processos, conforme as normas e procedimentos postulados pela organização.

O suporte operacional do evento, objeto do estudo deste trabalho, é aquele responsável por promover suporte e orientação aos usuários, além prestar os os serviços de segurança e manutenção. No caso do 8º. Fórum Mundial da Água, o suporte operacional correspondeu ao grupo que teve significativo contato com os participantes e sua atuação foi fundamental para o sucesso do evento.

A metodologia utilizada para a o desenvolvimento do estudo foi a metodologia Multicritério de Apoio a Decisão (MCDA) e contou com a participação de um grupo de organizadores do evento na estruturação do modelo de avaliação. Optou-se por essa metodologia por entender que a mesma se adequa aos propósitos do estudo, ou seja, uma situação complexa com uma multiplicidade de critérios a serem avaliados.

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Serão abordados tópicos relacionados a Eventos, ao Suporte operacional de eventos e sobre a Metodologia Multicritério de Apoio a Decisão, relativos ao levantamento *an passant* do estado da arte desses assuntos.

### 2.1 – EVENTOS

Segundo Matias (2001), um evento representa um acontecimento e, desde a Antiguidade, é caracterizado pela grande quantidade de pessoas envolvidas tanto no planejamento e organização quanto na participação, e resulta do costume de as pessoas se reunirem para discutir assuntos de interesse coletivo. De acordo com Allen et al. (2003), eventos são caracterizados como acontecimentos especiais (rituais, apresentações ou celebrações) que possuem um determinado objetivo cultural, social ou empresarial. Zanella (2006) afirma que evento é uma concentração formal e solene de pessoas ou entidades, realizada em data e local especial, para celebrar acontecimentos importantes, significativos e estabelecer contatos de natureza comercial, cultural, esportiva, social, familiar, religiosa e científica. Hallmark (1992) define eventos como acontecimentos não rotineiros que marcam e identificam realidades sociais. De acordo com a visão dos atores, percebe-se que não há uma definição de evento universalmente aceita, mas em geral o evento corresponde a um acontecimento que foge da rotina das pessoas e reúne público-alvo específico, em torno de objetivos comuns.

Para que um evento obtenha êxito, é necessário foco nos objetivos. Além disso, os profissionais precisam ser capacitados para a realização do evento, principalmente eventos de grande porte. Cesca (1997) ressalta a importância da capacitação, haja vista que a organização de eventos é árdua e exige grande responsabilidade, qualquer falha poderá afetar o conceito ou a imagem da organização dos organizadores.

As cidades entram em disputa para sediar um evento desse porte, pois é uma oportunidade de apresentar o país para turistas, possibilitando um aumento na economia do país. O Brasil foi sede de vários grandes eventos seguidos, o que possibilitou uma visibilidade maior ao país. Além do 8º. Fórum Mundial da Água, ele sediou a Copa do Mundo em 2014, os Jogos Olímpicos em 2016, Rock in Rio em 2013 e 2015; entre outros eventos de grande porte.

No entender de Freitas et al. (2014), um megaevento possibilita uma vantagem para a cidade que o sedia, por presenciar um acontecimento que transforma as ruas, o trânsito e o espaço urbano por um

pequeno espaço de tempo. Além disso, é também uma oportunidade para a cidade reforçar, refazer ou encontrar sua vocação, atraindo turistas e negócios.

Um megaevento tem uma certa singularidade e a experiência de estar em um megaevento pode ser descrita da seguinte forma:

[...] algo único, dramático e, literalmente, extraordinário. Ou seja, eles prometem modernidade, a ocorrência (e, ironicamente, também o controle) de carisma e aura em um mundo muitas vezes aparecendo como excessivamente racionalista e desprovido de dimensões como o mundo da vida cotidiana e sua humanidade. Além disso, em seu calendário, os ciclos dos megaeventos ofertam modernidade, uma visão de previsibilidade e controle sobre o tempo, sobre o ritmo e a direção da mudança, num mundo onde as mudanças sociais, tecnológicas, ecológicas e outras, muitas vezes podem parecer "fora de controle". (ROCHE, 2000, p. 7-8)

Para este estudo, foi escolhido um megaevento, que é definido como “um acontecimento de curta duração, com resultados permanentes por longo tempo nas cidades e/ou países que o sediam e está associado à criação de infraestrutura e comodidades para o evento” (ROCHE, 1994, p. 19).

## 2.2 – SUPORTE OPERACIONAL DE EVENTOS

Como na grande maioria das atividades, em organizações e entidades, deve haver planejamento, o que, em se tratando de eventos, não é diferente. O planejamento e a organização de eventos implicam uma série de providências a tomar, sempre se pensando nos objetivos destes, o que pode ser considerado análogo aos passos do ciclo de vida de qualquer projeto.

O planejamento faz parte das funções administrativas (Planejar, Organizar, Direcionar, Controlar). O planejamento visa prever e minimizar os inibidores dos resultados e maximizar os facilitadores no processo de tomada de decisão, pois permitem que o gestor tome decisões mais assertivas (ORLICKAS, 2010). Segundo Oliveira (2002), o planejamento pode ser dividido em 3 níveis: estratégico, tático e operacional. Entende-se que os objetivos táticos e operacionais detalham os objetivos estratégicos criando base para a implementação de processos e atividades no âmbito organizacional.

Existem vários aspectos que são considerados no planejamento de um evento. Na visão de Matias (2001) o planejamento de evento é a fase decisiva, na qual estão inseridos a coordenação executiva e os controles financeiro, técnico administrativo e social do evento. É necessário ter um objetivo, verificar o que o organizador do evento deseja para o próprio evento. Este precisa seguir uma linha de raciocínio para obter o sucesso desejado.

Para que o planejamento e a organização do evento sejam feitos de maneira mais precisa, é apropriado que o processo siga algumas fases (MATIAS, 2001):

- **Concepção** – anexação da ideia;
- **Pré-evento** – planejamento em seus vários níveis estratégicos e organização do evento;
- **Realização do evento** – em que todo o planejamento é colocado em prática. Suscetível a erros e mudanças do planejamento; e
- **Pós-evento** – avaliação e encerramento.

O suporte operacional é composto por serviços que auxiliam a execução do evento direta ou indiretamente, e é realizado por parte da equipe responsável pela condução do evento. Allen et al (2003, p.31) assim definem a equipe de um evento:

“Equipe é formada para implementar o evento e representa mais um dos parceiros decisivos. Para que qualquer evento seja bem-sucedido, a visão e a filosofia do evento devem ser compartilhadas por todos os componentes da equipe, dos gerentes mais importantes de criação e publicidade, até o gerente de palco, os funcionários, porteiros e faxineiros. Grande ou pequena a equipe do evento é a expressão do evento, e cada qual contribui para o seu sucesso ou o seu fracasso”.

O suporte operacional de um evento, segundo Zanella (2006), é aquele responsável por promover suporte e orientação aos usuários, além de prestar um serviço de manutenção continuada. O suporte operacional de um evento termina por manter um maior contato com os participantes e desempenha papel fundamental para o sucesso do evento.

## 2.3 – METODOLOGIA MULTICRITÉRIO DE APOIO A DECISÃO (MCDA)

De maneira geral, em problemas de decisão, os critérios de resolução são, no mínimo, dois que conflitam entre si. A escolha do método a ser empregado depende do tipo de problema em análise, do contexto estudado, dos atores envolvidos, da estrutura de preferência e do tipo de resposta que se deseja alcançar, ou seja, qual a problemática de referência (MORAIS & ALMEIDA, 2006).

Problemas complexos de tomada de decisão, de acordo com Gomes et al. (2004), apresentam pelo menos uma das características a seguir: critérios como as alternativas não estão claramente resolvidas, e as consequências da escolha de uma alternativa em relação a pelo menos um critério, não são devidamente incluídas; os critérios e as alternativas podem estar conexos, de forma que um critério pode refletir nos demais; a solução dos problemas depende de um conjunto de pessoas, cada uma

com pontos de vistas próprios, em geral conflitantes; existem critérios quantificáveis e outros apenas o são por meio de juízos de valor efetuados sobre uma escala; a escala para um critério pode ser cardinal, verbal ou ordinal, dependendo dos dados e da natureza dos critérios.

A Metodologia MCDA pode ser usada tanto para apoiar o processo decisório, quanto para avaliar uma situação existente. O seu principal propósito é analisar situações complexas, a partir de um conjunto de indicadores quantitativos e qualitativos distintos, dependendo da situação. Isso inclui indicadores financeiros, físicos, de insumos, de processos, de produtos e de resultados, que podem ser empregados tanto para apoio à decisão, quanto como um conjunto de técnicas analíticas. O apoio multicritério à decisão visa a estabelecer uma relação de preferências entre alternativas que estão sendo avaliadas sob a influência de vários critérios, no processo de decisão. Esses múltiplos critérios representam os múltiplos objetivos que o decisor pretende alcançar (ALMEIDA & RAMOS, 2002).

A teoria da decisão, de acordo com Gomes (2007), fundamenta os métodos multicritérios em sua essência, uma vez que eles se destinam à estruturação e à análise do problema a respeito do qual se deve tomar uma boa decisão. Esse autor reforça ainda “que o apoio multicritério constitui-se na teoria da decisão colocada em prática”.

Antes de se começar o desenvolvimento de um modelo de avaliação, faz-se necessário identificar todos aqueles que estão envolvidos direta ou indiretamente no processo decisório. Esses envolvidos são chamados de atores. Segundo Roy (1996), cada ator tem um valor relacionado com a formação dos seus próprios objetivos, interesses e aspirações.

Segundo, Ensslin *et al.* (2001), os atores podem ser distinguidos em intervenientes e agidos. Os intervenientes são aqueles atores que, por ações intencionais, participam diretamente do processo decisório. Entre eles temos: os decisores, aqueles a quem foi formalmente ou moralmente delegado o poder de decisão; o representante, aquele ator incumbido pelo decisor para representá-lo no processo de apoio à decisão; e o facilitador, que apoia o processo de tomada de decisão através de ferramentas (modelos) construídas com tal finalidade. Os agidos são aqueles atores que sofrem de forma passiva as consequências (boas ou más) da decisão tomada.

É importante ressaltar que após a identificação dos atores, delinea-se os critérios que, segundo Ensslin *et al.* (2001), são os elementos de avaliação que constituem a base do processo avaliativo, e, na sequência, constrói-se a árvore de valor relativa à estrutura do modelo de avaliação, tópicos que serão abordados no item 3, que trata da estruturação do modelo.

Concluídas as etapas relativas à construção da “estrutura física” do modelo multicritério de avaliação, as etapas seguintes, mais sensíveis, dizem respeito a estruturação dos aspectos internos do modelo, de natureza mensurativa das ações que serão avaliadas (ações potenciais). Tais aspectos são os descritores, as funções de valor e as taxas de substituição.

Apesar de o MDCA ser um excelente método utilizado no apoio à decisão, ele possui limitações, já que o mesmo não consegue resolver todo o problema. O que o método se propõe é indicar um caminho que satisfaça a solução do problema em análise, a partir de um conjunto de parâmetros definidos pelos decisores que participaram da construção do modelo.

### 3 – ESTRUTURAÇÃO DO MODELO DE AVALIAÇÃO

O modelo de avaliação desenvolvido seguiu o modelo proposto por Ensslin, *et al.* (2001), com os ajustes que se fizeram necessários, e constou de seis etapas, conforme detalhadas nos subitens seguintes.

#### 3.1 – DEFINIÇÃO DO RÓTULO

O rótulo têm por objetivo manter a delimitação do contexto avaliativo e o foco nos aspectos mais relevantes do estudo. Considerando que o objetivo central do estudo era avaliar o quão satisfeito (ou não) ficou a organização do evento com a atuação do suporte operacional, o rótulo definido foi o seguinte: Avaliação do suporte operacional do 8º. Fórum Mundial da Água.

#### 3.2 – IDENTIFICAÇÃO DOS ATORES

Os atores, no caso deste estudo, foram aqueles que participam tanto do processo de construção do modelo quanto da pesquisa em si, caracterizados em dois grupos: Intervenientes (Decisores e Facilitadores) e Agidos, conforme detalhamento a seguir:

- **Decisores** – três organizadores do evento que ajudaram a construir o modelo de pesquisa, através do grupo focal realizado previamente.
- **Agidos** – uma equipe de organizadores do evento que participou da pesquisa, destinada a levantar a percepção deles sobre a qualidade dos serviços prestados pela equipe no evento em questão.
- **Facilitadores** – os autores do presente trabalho.

## 3.3 – IDENTIFICAÇÃO DOS ELEMENTOS DE AVALIAÇÃO

Neste estudo, primeiramente foi realizado um grupo focal com uma equipe de organizadores do evento para discutir quais eram os elementos principais do estudo. Com isso, definiu-se os pontos de vistas fundamentais (PVFs) e o desmembramento destes, quando cabível em pontos de vista elementares (PVEs).

Segundo Ensslin, *et al.* (2001), os pontos de vista fundamentais são os critérios para avaliar uma situação, especificam os valores os decisores em relação a um dado contexto e, ao mesmo tempo, definem os atributos (propriedades) das ações em análise.

No estudo realizado foram considerados quatro Pontos de Vistas Fundamentais (PVFs), correspondente aos critérios. Em razão da complexidade de alguns PVFs para serem mensurados, foram decompostos em Pontos de Vistas Elementares (PVEs), subcritério. Vide, a seguir, o detalhamento dos critérios e subcritérios:

- PVF 1 – Serviço de Credenciamento
  - ✓ PVE 1.1 - Distribuição do material ao participante
  - ✓ PVE 1.2 - Auxílio para o uso dos Tokens de atendimento
  - ✓ PVE 1.3 - Auxílio aos participantes na locomoção no evento
- PVF 2 – Apoio ao serviço de tradução
- PVF 3 – Serviço de Segurança
- PVF 4 – Apoio à realização das sessões
  - ✓ PVE 4.1 - Registro das sessões
  - ✓ PVE 4.2 - Distribuição do material ao palestrante
  - ✓ PVE 4.3 - Controle de participantes

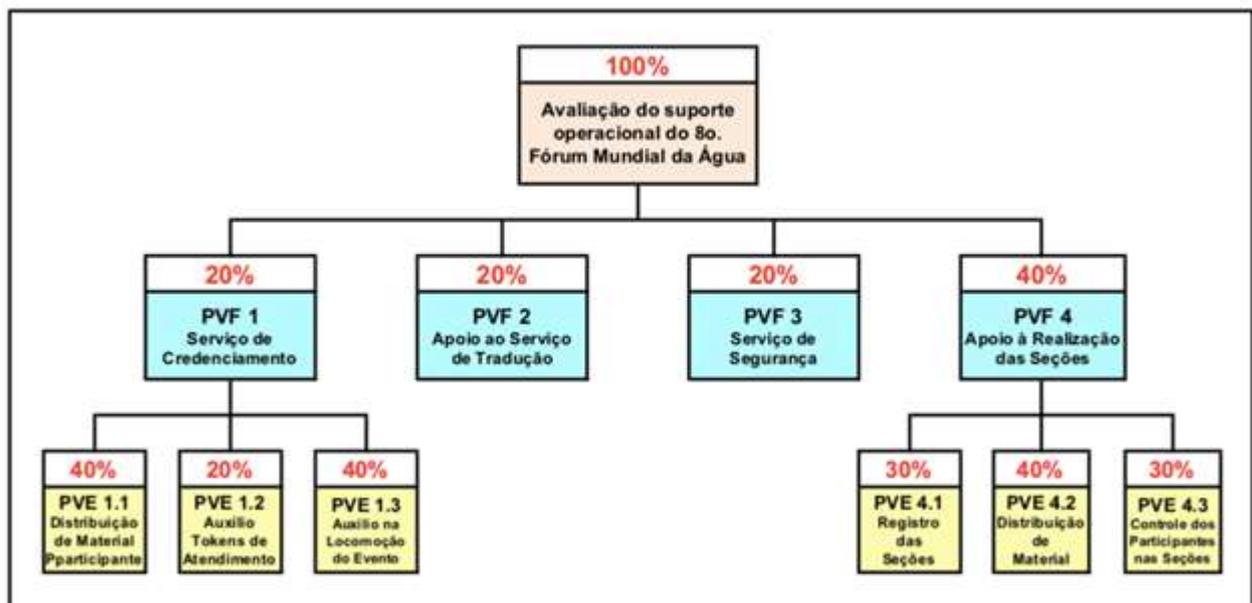
Os critérios e subcritérios são finalizados com os descritores. Um descritor corresponde a um conjunto de níveis de impacto (NI) destinados a descrever as performances plausíveis das ações potenciais, estas entendidas como as alternativas que estão sendo avaliadas.

Neste estudo, utilizou-se a escala Likert para estruturação dos descritores, desmembrados em cinco níveis, a saber:

- N5 – Ótimo
- N4 – Muito bom
- N3 – Bom
- N2 – Regular
- N1 – Ruim

Roy (1993), corroborado por Ensslin *et al.* (2001), evidencia que não existe, sob a ótica do paradigma construtivista, um descritor ótimo; mas, sim, um descritor adequado, desde que seja considerado uma ferramenta apropriada para a avaliação da ação potencial a que ele se destina.

Na Figura 1 observa-se a árvore de valor, que corresponde a um diagrama arborescente da estrutura definida, constando todos os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) e Pontos de Vista Elementares (PVEs), com a indicação das respectivas taxas de substituição (pesos).



**Figura 1 – Modelo Multicritério de Avaliação com as Taxas de Substituição (Pesos)**

Fonte: Autores

### 3.4 – FUNÇÕES DE VALOR

As funções de valor fornecem informações referentes às diferenças de atratividade entre os níveis de impacto do\ e um descritor, além de ordenar a intensidade de preferência (diferença de atratividade) entre pares de níveis de impacto ou ações potenciais. (DYER & SARIN, 1979)

De acordo com Beinat (1995) a função de valor é obtida através de comparações par-a-par da diferença de atratividade entre ações potenciais. Além disso, ele é o mais adequado para auxiliar o decisor na articulação. Neste estudo foi utilizado o método denominado julgamento semântico, o qual foi considerado por Quirino (2002) como o mais adequado para auxiliar o decisor na articulação de suas preferências, durante a avaliação das ações potenciais em um determinado ponto de vista. A Figura 2 mostra, a título de exemplo, a matriz de julgamento semântico do critério “Distribuição do Material ao Participante”.

Critério: PVE1.1- Distribuição do material ao participante						Julgamentos	
	N5	N4	N3	N2	N1	Extremo	(Ext)
N5		MFco	MFco-Fcp	Fcp	Mod	Muito Forte	(Mft)
N4			MFco	MFco-Fcp	Fcp	Forte	(Fte)
N3				MFco	MFco-Fcp	Moderado	(Mod)
N2					MFco	Fraco	(Fcp)
N1						Muito Fraco	(MFco)

Figura 2 – Matriz de Julgamento Semântico do PVE 1.1 – Distribuição do material ao participante.

Fonte: Autores

### 3.5 – PROCEDIMENTO PARA O CÁLCULO DA AVALIAÇÃO

Para a transformação das informações qualitativas (fruto da pesquisa de campo) em uma avaliação quantitativa, utilizou-se o software Hivew3, o qual definiu as pontuações dos critérios de avaliação com base no modelo definido e, a partir destas avaliações, calcula-se a avaliação global, por meio de uma fórmula de agregação aditiva, dada pela seguinte equação (adaptada de Ensslin *et al.*, 2001):

$$AG = \sum_{i=1}^n xi. yi(a)$$

Onde:

- **AG** = avaliação global;
- **yi (a)** = pontuação parcial dos critérios 1, 2, 3, 4;
- **xi** = taxa de substituição dos critérios 1, 2, 3 e 4;

- $n = 4$  (número de critérios do modelo 1, 2, 3 e 4)

## 4 – APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA AVALIAÇÃO

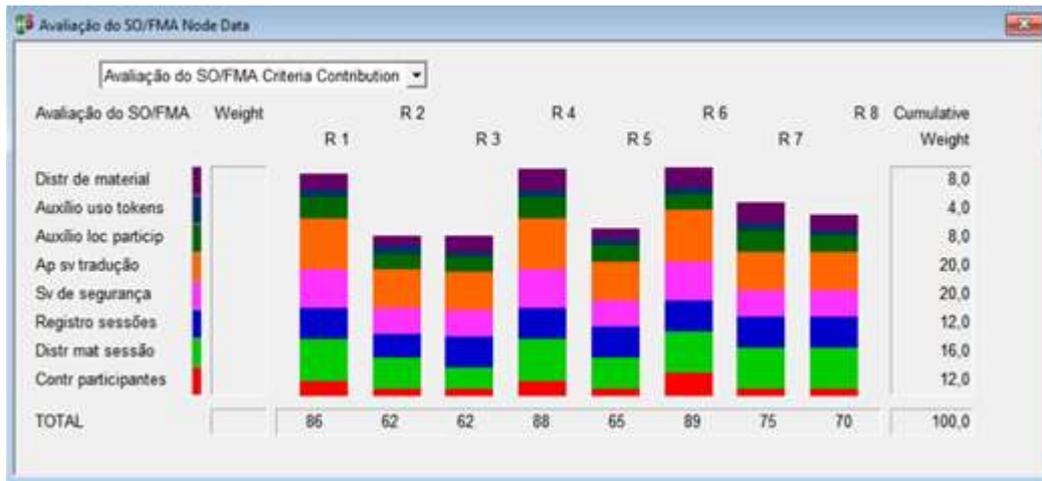
Os dados da pesquisa foram tratados pelo software Hivew3, com base no modelo de avaliação desenvolvido. Os questionários foram respondidos por oito organizadores do evento. O resultado, após o processamento pelo citado software, está consignado na Figura 3. Os valores das colunas são correspondentes às respostas dos cada participantes da pesquisa (cada coluna equivale a um respondente – R1 a R8) Nas linhas da Figura constam as pontuações relativas às respostas de cada respondente em relação aos PVFs analisados, considerando os pesos de cada PVF. Na última linha constam as pontuações globais de cada respondente, pontuações estas que foram utilizadas para o cálculo da avaliação global, a partir da fórmula apresentada no subitem 3.5.

Avaliação do SO/FMA Weighted Scores										
Avaliação do SO/FMA	Weight	R 1	R 2	R 3	R 4	R 5	R 6	R 7	R 8	Cumulative Weight
Sv de credenciamento	20	17,0	13,0	14,0	19,0	13,0	17,0	19,0	14,0	20,0
Ap sv tradução*	20	20,0	15,0	15,0	20,0	15,0	20,0	15,0	15,0	20,0
Sv de segurança*	20	15,0	10,0	10,0	15,0	10,0	15,0	10,0	10,0	20,0
Ap às sessões	40	34,0	24,0	23,0	34,0	27,0	37,0	31,0	31,0	40,0
TOTAL	100	86	62	62	88	65	89	75	70	100,0

**Figura 3: Avaliação pelos pesos dos PVF's utilizando o software Hivew3**

Fonte: Hivew3

Outra informação relevante disponibilizada pelo software Hivew3 consiste na contribuição de cada critério de análise, em gráfico, para facilitar a visualização, como demonstrado na Figura 4. Os resultados finais continuam os mesmos, tanto na Figura 3 quanto na Figura 4, mas é possível observar a contribuição de cada critério de análise na avaliação como um todo.



**Figura 4: Gráficos de avaliação pelo software Hivew3**

Fonte: Hivew3

O Quadro 1 apresenta as pontuações de cada PVF e a avaliação global, a partir da aplicação da formula apresentada no subitem 3.5:

PVF	Pesos	Respondentes e Pontuação por PVF								Totais	Nota
		1	2	3	4	5	6	7	8		
PVF 1	20%	85	65	70	95	65	85	95	70	630	7,9
PVF 2	20%	100	75	75	100	75	100	75	75	675	8,4
PVF 3	20%	75	50	50	75	50	75	50	50	475	5,9
PVF 4	40%	65	60	56	85	68	93	78	78	605	7,6
<b>Pontuações Totais</b>	<b>100%</b>	<b>86</b>	<b>62</b>	<b>62,2</b>	<b>88</b>	<b>65,2</b>	<b>89,2</b>	<b>75,2</b>	<b>70,2</b>	<b>598</b>	<b>7,5</b>

**Quadro 1: Pontuação dos PVF's e avaliação global**

Fonte: Autores

Em relação ao PVF 1, Serviço de credenciamento, a nota média do critério foi 7,9, uma nota elevada, a segunda maior nota entre os critérios analisados, o que denota que a maioria dos respondentes aprovou os serviços. Essa avaliação reflete agilidade do serviço de credenciamento e o desempenho dos colaboradores.

O PVF 2, Apoio ao serviço de tradução, foi o que obteve o melhor resultado, 8,4 e a média mais elevada em relação aos outros critérios. Os respondentes 2, 4 e 6 responderam que o serviço foi ótimo. Devido ao serviço ser de menor complexidade, espera-se que a nota desses foi critérios apresentasse os melhores resultados. O Apoio ao serviço de tradução era composto pelo Mídia Center do Fórum, onde era possível que o participante adquirisse fones de ouvidos para ouvir a tradução simultânea da seção

em questão. O resultado positivo indica que esse serviço foi muito bem executado, mas obteve algumas falhas, talvez derivada da demora para entregar os fones, ou da falta de experiência do colaborador com o idioma do participante, o que dificulta a comunicação.

O ponto de vista fundamental que obteve menor nota foi o PVF 3, que corresponde ao Serviço de segurança, tendo obtido a pontuação 5,9. Esse critério é o de maior complexidade, devido a esse serviço requerer vários itens para que aconteça de forma correta. Neste estudo se focou no serviço em si, pois não era o objeto de estudo a estrutura física do evento. A média inferior provavelmente foi devido à falta de seguranças em locais de fácil acesso e a ajuda policial limitada no espaço do evento.

O PVF 4, Apoio à realização das seções, critério com o maior peso, por ser o critério relativo ao serviço de maior importância para o sucesso do evento. Eram nas seções que o evento de fato acontecia e, de acordo com os respondentes, a avaliação final desse critério foi positiva. A nota obtida – 7,6 – só não foi maior devido à algumas reclamações de participantes em relação à distribuição de material, pois os colaboradores em alguns casos demoraram para disponibilizar os materiais, além de ocorrer uma hierarquização nas atividades só sendo possível atender alguns pedidos depois de falar com o superior. Em um evento é necessário haver hierarquia, mas isso não pode atrapalhar a dinâmica do evento.

De maneira geral, o suporte operacional do evento se portou de maneira satisfatória, tendo sido avaliado com a nota global de 7,5. Isso indica uma satisfação por parte dos organizadores do evento, embora tenha ocorrido algumas, o que pode ser considerado aceitável para um evento com as proporções do Fórum analisado.

## 5. CONCLUSÃO

De maneira geral, organizar qualquer tarefa requer esforço. Quando se trata de um megaevento, esse esforço é potencializado. O 8º. Fórum Mundial da Água foi um projeto transitório, onde ocorreu um planejamento de 3 anos para que o evento ocorresse de maneira satisfatória. Neste estudo, foi focado apenas a avaliação do suporte operacional do Fórum, operacionalizado durante a realização do evento.

A avaliação do suporte operacional do Fórum em análise permitiu inferir, a partir dos resultados obtidos, que esse serviço se portou de maneira satisfatória. Os resultados foram em sua maioria positivos e a avaliação global atingiu a nota 7,5, numa escala de zero a dez, o que indica que o uma conformação com o resultado esperado, mesmo que tenha ocorrido algumas falhas operacionais.

Com o apoio da metodologia multicritério de apoio à decisão foi possível alcançar o objetivo inicialmente proposto, pois a mesma proporcionou um conjunto de ferramentas que permitiu aos pesquisadores contato direto com os organizadores do evento em questão e, assim, chegar em uma posição bem aproximada da realidade, em termos de avaliação.

Quando se realiza um evento do porte do Fórum Mundial da Água, os organizadores estão suscetíveis a erros, assim como em qualquer evento de menor porte. Torna-se bastante provável que exista algum empecilho ou algo que não ocorra como o planejado. Destaca-se, ainda, que verificar o sucesso de um projeto não é uma tarefa fácil, pois o sucesso é um conceito complexo que varia de acordo com os indivíduos envolvidos na avaliação.

O modelo de avaliação desenvolvido para esse estudo empírico foi detalhado de acordo com pontos estabelecidos por três organizadores do evento, que conheciam o planejamento do mesmo e possuíam uma visão ampla em relação ao objeto da análise. Apesar do reduzido número de organizadores que participaram da construção modelo de avaliação, se comparado ao número de pessoas que estavam envolvidas com o evento como um todo, tal fato não o inviabiliza ou o diminui, dado o conhecimento que os mesmos detinham do processo como um todo.

A principal contribuição deste estudo consiste em obter informações sobre como se organizar um evento de grande porte, mais especificamente no que concerne ao suporte operacional, que se constitui em peça essencial para o sucesso de qualquer evento dessa natureza.

Explorando novas possibilidades de pesquisa, sugere-se que se amplifique o estudo, ao nível de maior complexidade, de modo a se analisar o evento como um todo, em todos os seus níveis, o que leva a um incremento dos critérios de análise e a possibilidade de se obter uma visão global e real do evento e de seu planejamento.

## REFERÊNCIAS

- ALLEN, J. , O'TOOLE, W. , MC DONNEL, I. , & HARRIS, R. Organização e gestão de eventos. Rio de Janeiro: Campus, 2003.
- ALMEIDA, A. T. ; RAMOS F. S. Gestão da Informação na competitividade das organizações. 2. ed. Recife: Editora Universitária, 2002.
- BEINAT, E. Multiattribute Value Functions For Environmental Management. Tinbergen Institute Research Series. Amsterdam, 1995.
- CESCA, C. G. G. Organização de Eventos. São Paulo: Summus, 1997.
- DYER, J. S. & SARIN, R. K. Measurable multi-attribute value functions. Operations Research, n. 27, p. 810-822, 1979.
- ENSSLIN, L.; MONTIBELLER NETO, G.; NORONHA, S. M. Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas. Florianópolis: Insular, 2001.
- FREITAS, Ricardo & LINS, Flávio & SANTOS, Maria Helena do Carmo. "Megaeventos: motores de transformações sociais. XXII Encontro Anual do Compós, 2014. Disponível em: <[http://compos.org.br/encontro2014/anais/Docs/GT07\\_COMUNICACAO\\_EM\\_CONTEXTOS\\_ORGANIZACIONAIS/freitaslinscarmoco](http://compos.org.br/encontro2014/anais/Docs/GT07_COMUNICACAO_EM_CONTEXTOS_ORGANIZACIONAIS/freitaslinscarmoco)>. Acesso realizado em 23 de maio de 2018.
- GOMES, L. F. A. M. Teoria da Decisão. (Coleção Debates em Administração). Thomson Learning, São Paulo, 2007.
- GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G.; CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- HALLMARK, C. M. Tourist events: impacts, management and planning. London: Belhaven Press, 1992.
- MATIAS, M. Organização de eventos: procedimentos e técnicas. 2ª ed. Barueri, São Paulo: Monole, 2001.
- MORAIS, D. C.; ALMEIDA, A. T. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. Pesquisa Operacional, v. 26, n. 3, p. 567-584, 2006.
- OLIVEIRA, D. P. R. Planejamento Estratégico: Conceitos Metodologia Praticas. 18 ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- ORLICKAS, E. Modelos de gestão: das teorias da administração à gestão estratégica. São Paulo, IBPEX, 2010.
- QUIRINO, M. G. Incorporação das relações de subordinação na matriz de ordenação – Roberts em MCDA quando os axiomas de assimetria e de transitividade negativa são violados. Tese de Doutorado em Engenharia de Produção. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/82414>>. Acessado em: 20 de maio de 2018

ROCHE, M. Mega events and urban policy. *Annals of tourism research*, Nova York: Pergamon Tress,, v. 21, p. 1-19, 1994.

ROCHE, Maurice. *Mega-events modernity: Olympics and expos in the growth of global culture*. Londres: Routledge, 2000.

ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1996.

ZANELLA, L. C. *Manual de organização de eventos: planejamento e operacionalização*. São Paulo, Atlas, 2006.

# Capítulo 4



10.37423/210804611

## LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

*Sandro Gomes Rodrigues*

*Universidade de Brasília*

*Evaldo César Cavalcante Rodrigues*

*Universidade de Brasília*

*Aldery Silveira Júnior*

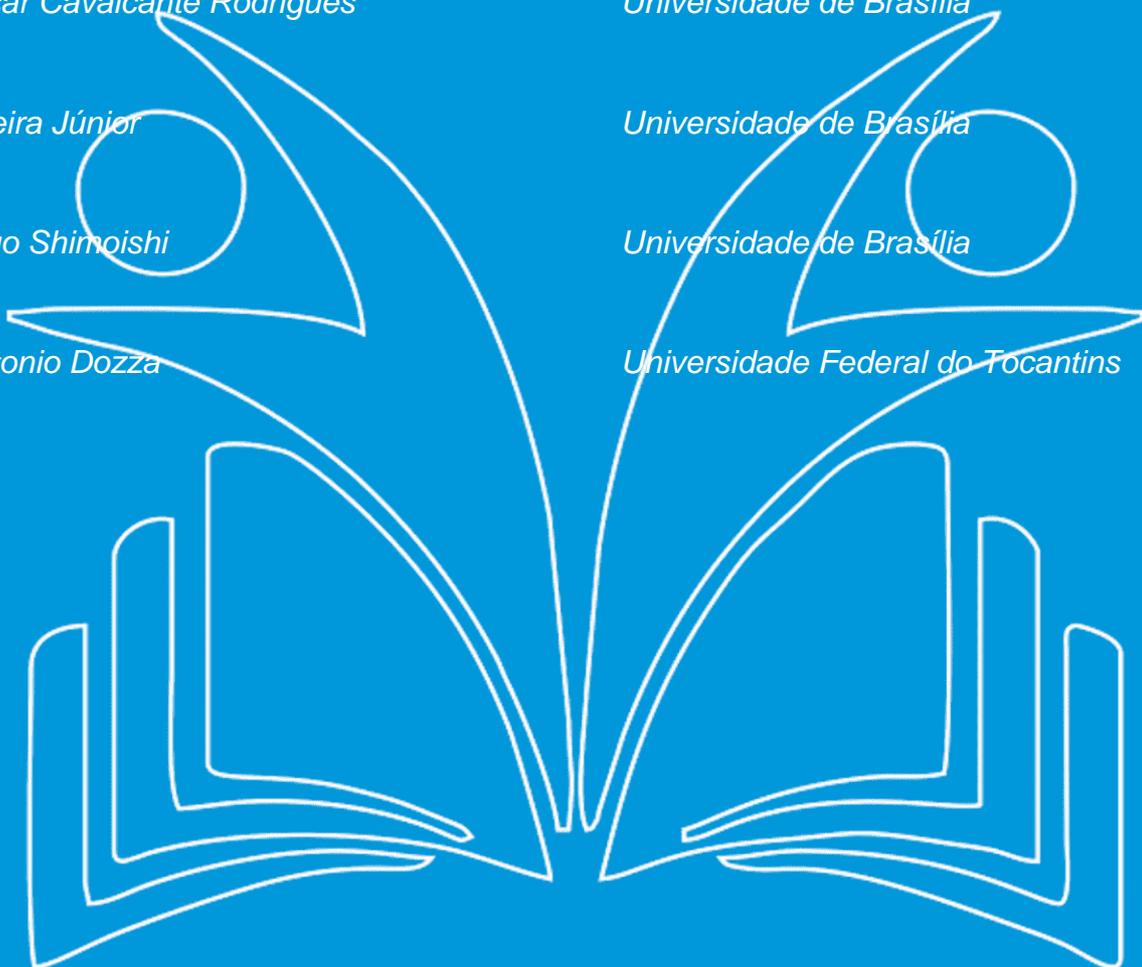
*Universidade de Brasília*

*José Matsuo Shimoishi*

*Universidade de Brasília*

*Marcos Antonio Dozza*

*Universidade Federal do Tocantins*



**Resumo:** A logística reversa tem sido objeto de estudo das organizações que apresentam preocupação com o meio ambiente e responsabilidade social, principalmente por um conjunto de fatores de ordem estratégica, competitiva, econômica e ecológica, passa a ganhar relevância no contexto atual de mercado. Frequentemente as empresas preocupam-se com o fluxo direto dos seus produtos, entretanto, lidam também com um fluxo reverso de peças e produtos em seus processos, devido a diversas causas, com destaque para as devoluções, o retorno de embalagens ou para tratamento e descarte do pós-venda ou pós-uso. Esta pesquisa trata do emprego da logística reversa na construção civil a fim de que haja diminuição no desperdício de materiais e aumento da reutilização dos resíduos sólidos da produção, bem como, do seu descarte apropriado de maneira que gere o menor impacto ao meio ambiente. Num segundo momento, ocorre a discussão da regulamentação de política de resíduos sólidos, com ênfase na logística reversa e a sua rede, que descreve a tendência de novas práticas e evolução da logística reversa. Descreve também, os resultados obtidos com a utilização da logística reversa, que geram benefícios adicionais para o setor da construção civil.

**Palavras-chaves:** Logística Reversa, Sustentabilidade, Construção Civil.

## 1. INTRODUÇÃO

O mundo tem se caracterizado nesta virada de século por transformações e mudanças profundas cada vez mais rápidas, que exigem capacidade de compreensão, adaptabilidade e decisões tempestivas. Assim, as organizações públicas e privadas têm a obrigação de se adaptarem as mudanças impostas pelo ambiente extremamente dinâmico.

Dessa forma, o estudo da logística começou por uma adaptação a uma nova fase, buscando atender a satisfação do cliente “rei”, tendo assim a preocupação com a logística empresarial, com foco na responsabilidade social, que se baseia no fundamento dos estudos de gestão logística integrada e logística reversa, das áreas tradicionais de gestão de suprimento de materiais, finanças, produção, distribuição e marketing.

Com a evolução do estudo da logística e as mudanças mundiais, tem havido uma maior preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade. A virada do século XX para o XXI foi marcada pela ênfase dada a um importante fluxo de produtos na cadeia logística, que passou a gerar novos resultados e buscar a sustentabilidade das empresas. Este fluxo, que é caracterizado por percorrer o sentido contrário da “logística direta ou tradicional”, que tem seu início no cliente final em direção ao fornecedor primário do processo produtivo originário (inteiro ou parte de seus componentes) é definido como “logística reversa”.

A análise do ambiente que se constrói com a logística reversa na construção civil permite identificar os impactos ambientais e identificar benefícios adicionais na gestão empresarial que permitem minimizar custos, maximizar custos e oportunidades.

Neste cenário, o estudo da Logística Reversa vem tendo grande importância econômica, legal, ambiental e de competitividade no mundo de atual, devido ao fato da reutilização de materiais e produtos secundários de maneira sustentável e rentável, principalmente para os atores inclusos no fluxo reverso da logística empresarial.

## 2. HISTÓRICO DA LOGÍSTICA E LOGÍSTICA REVERSA

A logística teve sua origem nas atividades militares, a qual sofreu uma grande evolução durante todas as atividades em que foi empregada.

De acordo com Ballou (2007), a definição e a empregabilidade da logística podem ser divididas em três períodos com características diferentes:

- a) Antes de 1950 - Um termo empregado na manufatura e comércio para descrever as atividades com movimentos eficientes de produtos acabados da produção para o cliente, sendo que em alguns casos inclui o movimento de matérias-primas do fornecedor para a produção;
- b) De 1950 a 1980 - Integração de duas ou mais atividades com o propósito de planejamento, implantação e controle eficiente do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados do ponto de origem ao ponto de destino;
- c) A partir de 1980 - O processo eficaz de planejamento, com a implantação e controle integrado do fluxo de materiais, informações e recursos financeiros, do ponto de origem ao de destino, com o propósito de atender as crescentes exigências de qualidade impostas pelos clientes.

Leite (2005) define a logística reversa como a área da logística empresarial que planeja, opera e controla o fluxo reverso de produtos de pós - venda e de pós – consumo, que é considerada área de fundamental interesse estratégico empresarial.

De acordo com Leite (2005), a partir dos anos 90, pela acentuada redução de ciclo de vida dos produtos, pela identificação de novas oportunidades competitivas através de custos e de relacionamentos empresariais. Gallouj & Savona (2009) afirmam que inovar processos e serviços permitem potencializar a imagem corporativa e de responsabilidade ética empresarial positivamente.

Assim, surgiram os conceitos de logística reversa: Lambert & Stock (1981) iniciaram os estudos das operações dos consumidores em direção aos produtores; Stock (1992) introduziu uma nova abordagem para as pesquisas da logística reversa, com base na reutilização, reparos, substituição de matéria-prima, disposição final dos resíduos e redução de custos de fabricação; e Carter & Ellram (1998) definem a logística reversa como eficiência ambiental.

Enquanto a logística tradicional trata do fluxo de materiais no sentido da aquisição dos insumos até a entrega dos produtos ao cliente final, a logística reversa trata do caminho inverso a este, ou seja, do retorno do produto ou de parte dele (itens componentes) dos seus pós-venda e pós-consumo, para a reinserção na cadeia produtiva original. As organizações, com o propósito de dar prioridade ao mapeamento das ações da logística reversa, se concentram principalmente nos resultados que será alcançada de médio até longo prazo, com benefícios para o sistema produtivo das empresas, a imagem da marca e com especial atenção nos itens: econômico - ganho financeiro na operação; mercadológico - diferenciação no serviço; legislação - obediência à legislação existente ou futura; e ganho de imagem corporativa.

Os canais de distribuição diretos são responsáveis pelas diversas etapas que fazem com que os bens a serem consumidos cheguem aos consumidores finais. Entretanto, os canais de distribuição reversos partem no sentido contrário, do pós-venda ou do pós-consumo.

Segundo Leite (2003), a logística reversa engloba as diferentes formas e possibilidades de retorno do produto após o contato com o cliente final (pós-venda ou do pós-consumo), do consumidor ao varejista, ou a um intermediário que esteja na cadeia produtiva até o fornecedor primário ou ao primeiro fornecedor da cadeia. Entende-se que a logística reversa tem por objetivo a utilização de seus diversos meios, para possibilitar o retorno do produto ou parte dele, remetendo a uma visão circular da cadeia produtiva, que é resultante do seu processo produtivo, e visa obter ganhos para organização principalmente de ordem econômica, ecológica e/ou legal, de acordo com o propósito das empresas ou que as mesmas buscam atingir, conforme a Figura 01.

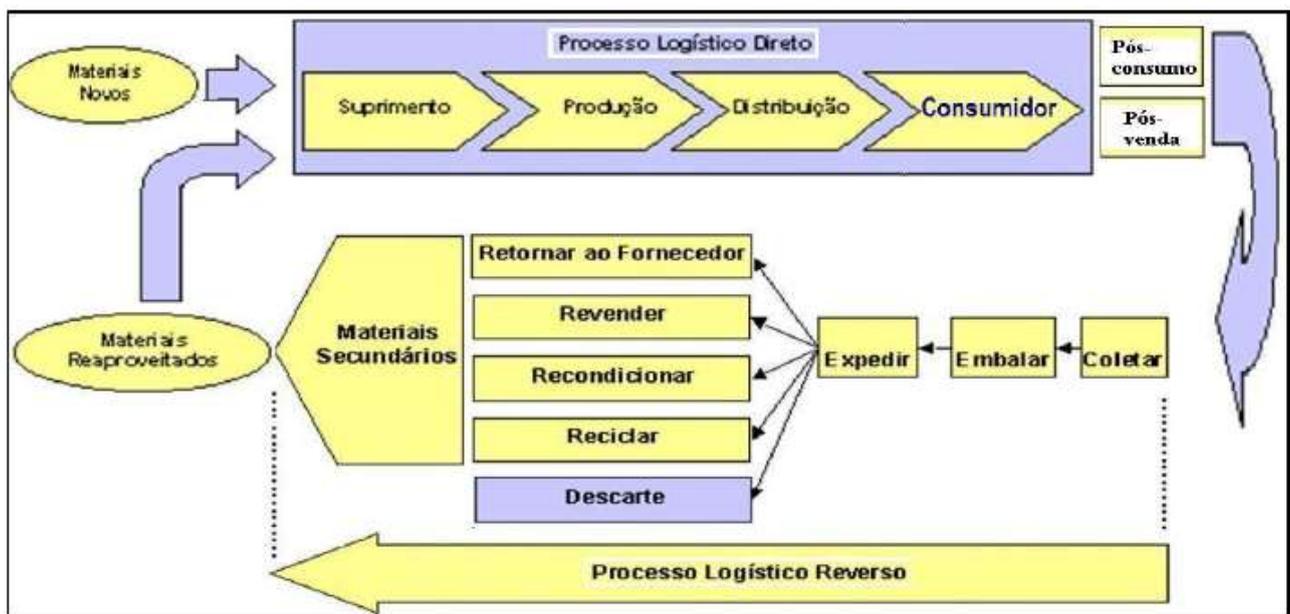


Figura 01 - Logística Direta e Logística Reversa ( Modificada de Ballou, 2007)

O mercado consumidor está assumindo a cada dia uma postura de maior responsabilidade ambiental e está passando a cobrar e pressionar cada vez mais as organizações a cumprirem suas responsabilidades pela preservação do meio ambiente e, principalmente, a buscarem condições de produzir com sustentabilidade. Conseqüentemente, a logística reversa surge como uma das principais ferramentas de implantação do desenvolvimento sustentável, absorvendo todas as tradicionais funções da logística, operando o “fluxo reverso” de produtos, com origem principal no cliente final, retornando à cadeia produtiva e gerando receitas que antes estavam desprezadas. O planejamento de uma rede de logística reversa tem grande semelhança com o da logística tradicional, entretanto,

segundo Leite (2003), em virtude do tipo de material tratado, são necessárias certas peculiaridades para estruturar um projeto da rede logística reversa, tais como: a definição dos objetivos da rede reversa, a decisão do nível de integração e o tipo de rede reversa. Num segundo momento, se faz imprescindível o domínio das características do produto logístico, a definição do mercado final para o produto com matérias-primas secundárias, a seleção do tipo de coleta adequada, a decisão dos locais de coleta, a decisão do nível de integração e a localização dos centros de classificação, consolidação, desmanche e remanufatura.

O propósito relevante da logística reversa é capturar produtos que passam a ter valores significativos na cadeia produtiva, que não são identificados pela logística direta, de modo a fluir no sentido contrário para gerar resultados importantes a um ou mais atores da cadeia. Esta captura abrange, ainda, uma diversificação de atividades, como: processamentos de retornos por danos, produtos sem harmonia com a sazonalidade, recall, excesso de estoques, reciclagem, acondicionamento e remanufatura. Estas ações culminam em processos sustentáveis da logística reversa, que reestrutura culturalmente as empresas e as realinham com um propósito de gestão sustentável, buscando o desenvolvimento de uma proposta de produção equilibrada com o consumo, para minimizar o impacto do lixo industrial sobre o meio-ambiente.

Ao se estudar logística, o tema remete ao fluxo de produtos, o fluxo que ocorre desde o momento em que é gerada a necessidade de atendimento de um bem até sua entrega ao cliente final, bem como o fluxo que ultimamente tem gerado grande interesse empresarial, o que ocorre de forma reversa, de uma posição de consumo até um ou mais pontos anteriores da cadeia produtiva, em direção à matéria-prima. Este fluxo reverso tem tendência a gerar expressivos resultados para as organizações e à medida que esteja identificado como parte da operação do processo produtivo, com um gerenciamento no mesmo nível de prioridade das demais atividades, terá condições de obter ganhos expressivos, não somente para a empresa ligada diretamente a ele, mas também para os outros parceiros pertencentes a cadeia logística.

Neste contexto, entende-se a logística reversa é o processo de planejamento, implementação e controle do fluxo de matérias-primas, estoque em processo e produtos acabados de algum ponto de consumo final ou intermediário até ao ponto de origem ou de fornecedores, com o objetivo de recapturar valor ou realizar um descarte adequado dos produtos e de seus derivados, conforme se pode observar na Figura 02.

A Figura 02 destaca como pontos importantes da rede de recuperação de produtos os seguintes: coleta, inspeção, reprocessamento, disposição como produto acabado e redistribuição. Esses pontos são fortalecidos por sistemas de informação que garantem o registro de cada fluxo na cadeia, com histórico do recebimento e atendimento dos pedidos.

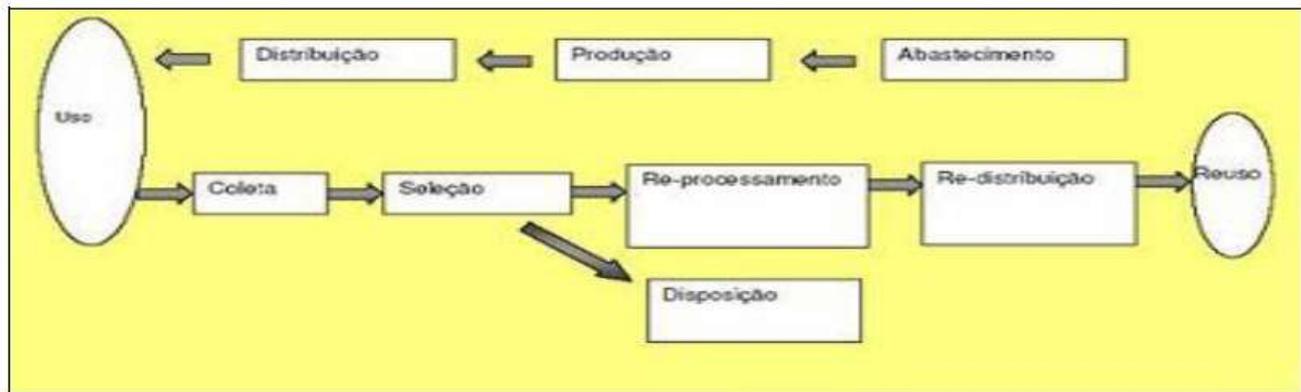


Figura 02 - Cadeia de Recuperação de Produtos ( Fleischmann *et al*, 2000)

De acordo com Lalt (2003), outros problemas encontrados na construção civil são aqueles relativos aos fluxos físicos de materiais e produtos processados e aos fluxos de informações. A falta de planejamento detalhado do arranjo físico do canteiro estabelecendo os fluxos dos principais materiais, a eliminação de fluxos desnecessários, a otimização dos estoques, a mecanização das atividades de movimentação interna do canteiro levam a perdas e desperdícios.

### 3. MÉTODOS DE PESQUISA

A Figura 03 apresenta de forma simplificada a pesquisa realizada de base qualitativa, que foi efetivada por meio de pesquisa bibliográfica em livros, periódicos e documentos científicos, além de documentos oficiais extraídos de congressos, sites de empresas, organismos científicos nacionais e internacionais.

Segundo Acevedo & Nohara (2007), a base qualitativa para pesquisa é útil para determinar as razões ou os porquês e conhecer os fatores que afetam a tendência do comportamento científico, bem como, o reflexo deste nas discussões sobre logística reversa na construção civil, foco deste estudo.



Figura 03 – Fluxograma da Metodologia ( Próprio autor)

#### 4. AMBIENTE INSTITUCIONAL E BASE LEGAL

As primeiras iniciativas legislativas no Brasil datam do final da década de 80 – Projeto de Lei (PL) 203 (1991) - que dispõe sobre o acondicionamento, a coleta, o tratamento, o transporte e a destinação final dos resíduos de serviços de saúde, sendo posteriormente dispostos novos 70 PLs. Em 1999 houve a aprovação da legislação 258/99 pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que instituiu a responsabilidade do produtor e importador pelo ciclo produtivo de pneus, ocorrendo um avanço na cadeia de reciclagem de pneus. No período de 2002 a 2006 foram reciclados 805.26 mil toneladas de pneus inservíveis, o equivalente a 161,05 milhões de pneus de automóvel no Brasil (LAGARINHOS & TENORIO, 2009). Em 2001 foi criada na Câmara dos Deputados a Comissão Especial de Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS. Em 2002 a Comissão foi extinta pelo encerramento da legislatura. Em 2005 ocorreu o Seminário do CONAMA que consolidou e sistematizou o PL 203/91 e seus apensos e elaborou o APL/PNRS. Foi Instalada também neste mesmo ano a Comissão Especial para apreciação de PL's e formulação de Substitutivo Global ao PL 203/91 e apensos. Em 2006 o Governo Federal elaborou a APL/PNRS que tramitou na Casa Civil; também obteve o parecer do Relator César Silvestri (PPS-PR), acatando o Parecer apresentado pelo anterior, Dep. Ivo José, que foi aprovado. Em 2007 o Presidente Lula e a Ministra Marina Silva enviaram à Câmara dos Deputados a primeira proposta do Executivo Federal sobre Resíduos Sólidos baseado na proposta consolidada no âmbito do CONAMA e

Secretaria Nacional de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. No dia 08 de agosto de 2010 foi sancionada a lei que cria a Política Nacional de Resíduos Sólidos no país (Lei 12.305/10).

Dentre os objetivos propostos pela Lei 12.305/10 relacionados à logística reversa, pode-se citar o incentivo à indústria de reciclagem, tendo em vista fomentar o uso de matérias-primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados; e o incentivo ao desenvolvimento de sistemas de gestão ambiental e empresarial voltados para a melhoria dos processos produtivos e ao reaproveitamento dos resíduos sólidos, incluídos a recuperação e o aproveitamento energético;

A coleta seletiva é identificada, segundo a Lei 12.305/10, como um instrumento da política relacionada à Logística Reversa bem como outras ferramentas relacionadas à implementação da responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos. De acordo com a mencionada Lei, na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos.

A mesma Lei ainda obriga a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante o retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Dessa forma, verificamos que a construção civil tem gerado uma montanha diária de resíduos formada por argamassa, areia, cerâmicas, concretos, madeira, metais, papéis, plásticos, pedras, tijolos, tintas, etc, e tem trazido um sério problema nas grandes cidades brasileiras.

A Resolução CONAMA 307 de 05 de Julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, em que considera que os geradores de resíduos da construção civil devem ser responsáveis pelos resíduos das atividades de construção, reforma, reparos e demolições de estruturas e estradas, bem como por aqueles resultantes da remoção de vegetação e escavação de solos.

Assim, a partir de julho de 2004, já deveria estar na pauta das administrações municipais, o acordo estabelecido com a resolução 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), em que as prefeituras estarão proibidas de receber os resíduos de construção e demolição no aterro sanitário, em que cada município deverá ter um plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil.

## 5. PAPEL DA LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

De acordo com dados do CONAMA ( 2010) no ano 2010, o Brasil produziu 150 milhões de toneladas entulho construção. Além disso, cada ano que passa a construção civil do Brasil vai aumentar em 20% a 30% a quantidade de entulhos em função do desenvolvimento econômico do país, principalmente pelos grandes eventos (Jogos Olímpicos e Copa do Mundo) que ocorrerão no Brasil nos próximos anos.

O governo Brasileiro introduziu uma série de políticas a incentivar o desenvolvimento da indústria de reciclagem de entulho na construção civil, com a redução de impostos, subsídios, apoio político financeiro etc.

O estudo de logística reversa na indústria da Construção Civil é um assunto que vem sendo abordado de maneira até o momento muito pouco explorado. No entanto, o setor de construção civil demonstra acompanhar a evolução e tem buscado evitar o desperdício, com o reaproveitamento de materiais utilizados para a redução de custos, minimização de perdas e sustentabilidade ambiental, que diminui assim a quantidade de resíduos sólidos entregues ao meio ambiente.

Em função da variedade de materiais empregados dos diversos tipos de origens, e a utilização de recursos naturais mostram a importância do reaproveitamento desses na indústria da construção civil, pois gera um número considerável de resíduos, no qual a utilização da logística reversa neste setor apresentam resultados positivos perante a sociedade e ao meio ambiente.

## 6. RESULTADOS DO EMPREGO DA LOGÍSTICA REVERSA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O mundo tem estabelecido políticas públicas voltadas ao lixo doméstico e ao esgoto. Nos últimos anos, tem havido uma grande preocupação com os resíduos da construção civil, pois o volume coletado diariamente nas grandes cidades, fruto do desperdício e falta de gerenciamento ambiental tem aumentado consideravelmente.

Segundo Zordan ( 1997), o resíduo gerado pela construção e demolição ou simplesmente entulho, tem características bastante peculiares. Sua produção ocorre com a aplicação de diferentes técnicas e metodologias de produção, onde o controle da qualidade do processo produtivo é recente, tendo a preocupação com as características, como composição e quantidade produzida que dependem diretamente do estágio de desenvolvimento da indústria de construção local, qualidade de mão de obra, técnicas construtivas empregadas, adoção de programas de qualidade, etc. Assim, a caracterização deste resíduo condiciona-se a parâmetros específicos de cada região geradora do resíduo analisado.

A construção civil é maior geradora de resíduos de todos os setores produtivos, causando grandes impactos ambientais, com o consumo de recursos naturais, a modificação da paisagem e a geração de resíduos.

Um fator a ser analisado nos canteiros – de – obras brasileiros, que há praticamente uma preocupação do aproveitamento de materiais como papel, metálicos, plásticos e parte da madeira que tem valor comercial imediato, principalmente pelas políticas públicas que estão bem incentivadas nas empresas de reciclagem.

De acordo com Pinto (1989), a composição dos resíduos de construção e demolição – os RCD's, provenientes das atividades construtivas de edifícios varia em função das suas características, sendo a madeira predominante no volume de resíduos gerados em novas construções e o concreto, nas demolições.

De estudos realizados estima-se que os RCD's representam 40 a 60% do resíduo sólido urbano gerado como pode ser observado na Tabela 01, sendo que estes resíduos de entulhos são lançados em botaforas clandestinas, nas margens de rios e córregos, em terrenos baldios, nas encostas, em passeios e outras áreas públicas e em áreas protegidas por lei, gerando grandes impactos ambientais tais como o assoreamento e entupimento de cursos d'água, associados às constantes enchentes, além de promover o desenvolvimento de vetores nocivos à saúde pública.

Município	Quantidade de entulhos do total de lixo da cidade
Salvador (BA)	60%
Goiânia (GO)	55%
Porto Alegre (RS)	55%
Belo Horizonte (MG)	45 %

Tabela 01 - Quantidade de entulhos do total de lixo ( Próprio Autor )

Podemos observar que em Salvador, Bahia, a quantidade de entulhos recolhida em obras e reformas chega perto de 60% do total de lixo da cidade. Em Goiânia (GO) e Porto Alegre (RS) esse índice chega a 55%. Em Belo Horizonte, o volume de resíduos gerados nas obras representa 45 % do lixo recolhido pela prefeitura. A solução foi criar um banco, onde construtoras podem vender e comprar terra e entulho descartados das obras.

Uma solução para a geração de entulhos é a implementação de chamados “Ecopontos”, ou seja, locais de recolhimento do material reciclável e a construção de aterros de inertes constituem as soluções

adotadas pela prefeitura numa difícil tarefa de tornar o meio ambiente menos poluído ou contaminado, implantado na Prefeitura Municipal de São Paulo. Nos Ecopontos, é feita a reciclagem dos RCD's que consiste na triagem de materiais nos locais geradores ou áreas receptoras, após a classificação do resíduo, conforme sua composição e propriedades físico-químicas.

Outros resíduos de origem mineral podem ser passados por processo de britagem, sendo utilizados em substituição parcial ou até mesmo como agregados naturais em diversas aplicações. Processos menos sofisticados de gestão e reciclagem dos RCD's podem gerar agregados adequados ao uso como material de enchimento para a preparação de terrenos, em projetos de drenagem, em sub-bases de vias, como estradas e calçadas, sub-bases de pisos e outros produtos simples (PINTO, 1989; SINDUCON-MG, 2005).

O que se tem sugerido é a instalação de uma máquina recicladora que traz embutida vantagens como a economia de transporte e transbordo dos RCD's. Assim, os resíduos poderão ser submetidos à triagem, reciclagem e comercialização, gerando emprego e renda no mesmo local onde são gerados. Forma-se uma cadeia produtiva em que a empreiteira sai ganhando ao mesmo tempo em que proporciona ao meio ambiente, igual, ou uma maior recompensa.

O elo formado entre todos os que fazem parte da cadeia produtiva da construção civil, desde construtores, fabricantes de cimento e operários, deve servir para uma maior sensibilização dos diversos atores sociais envolvidos para que haja interação dos serviços a serem prestados à sociedade como um todo.

Segundo Souza (2009), do estudo realizado na "Empresa Brasform Formas para Concreto Ltda", pode ser verificado a logística reversa como uma grande oportunidade de reduzir custos, aumentando assim, sua chance de competitividade no mercado.

A Tabela 02 apresenta o custo de peças que serão utilizadas para a montagem de novas fôrmas da maneira normal e utilizando a Logística Reversa:

	Normal (Kg)	Reciclada (Kg)
Matéria-Prima	US 1,20	US 0,025
Mão de Obra	US 0,80	US 1,10
Transporte	-----	US 0,045
Total	US 2,00	US 1,40

Tabela 02 - Custo da Matéria-prima (Souza, 2009)

Assim, podemos observar que o reaproveitamento de fôrmas como matéria prima reciclada reduz os custos da organização e o impacto sobre o meio ambiente, pois apesar de não ser comum o descarte destas no ao ar livre, tem-se obtido uma grande diminuição de demanda pela matéria prima virgem, minimizando consideravelmente os impactos causados durante o processo de aquisição do minério de ferro, principal matéria utilizada na fabricação do aço.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a logística reversa gerar resultados significativos é fundamental que todos os atores da cadeia produtiva estejam conscientizados da importância, participem ativamente e assumam responsabilidades pela preparação e aproveitamento dos produtos pós-venda e pós-consumo. Essa prática envolve risco, novos custos e reestruturação das organizações envolvidas direta e indiretamente.

O estudo da logística reversa passou a ter foco circular, de maneira que o sistema é retroalimentado não somente por informações, mas também por produtos oriundos dos: pós-venda e pós-consumo.

Da pesquisa apresentada podemos verificar que o estudo da logística reversa está alinhado com a sustentabilidade e ao controle de resíduos nas organizações. A indústria da construção civil gera uma quantidade variada de resíduos sólidos que são lançados ao meio ambiente trazendo grandes perdas, bem como um aumento da poluição do meio ambiente.

Com a evolução das tecnologias a utilização das abordagens da logística tradicional e da logística reversa na construção civil pode-se verificar a possibilidade do aumento da competitividade entre as empresas. O uso sustentável de técnicas que proporcionem a otimização destes resíduos de materiais

pelas empresas de construção civil tendem a trazer uma maior lucratividade em seus empreendimentos, que reflete numa tendência de minimização da agressão ao meio ambiente.

Assim, podemos verificar que a utilização da logística reversa com a aplicação de ferramentas tecnológicas poderá colaborar para evitar o desperdício na construção civil, bem como gerar ganhos de produtividade com o reprocessamento dos seus resíduos, principalmente dos provenientes do pós-consumo.

## REFERÊNCIAS

- ACEVEDO, C. R. & NOHARA, J. J. Monografia no curso de Administração: Guia Completo de Conteúdo e Forma. 3ª Ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- BALLOU, R. H. Logística Empresarial. Transportes, Administração de Materiais e Distribuição Física. 1ª ed. São Paulo: Atlas, 2007.
- CARTER, C. R. & ELLRAM, L. M. Reverse logistics: A review of the literature and framework for future investigation. *International Journal of Business Logistics*, 1998, v. 19(1):85–102.
- GALLOUJ, F.; SAVONA, M. Innovation in services: a review of the debate and a research agenda. *Journal of Evolutionary Economics*, 2009, v.19, p.149-172. LAGARINHOS, C. & TENORIO, J. Tecnologias Utilizadas para a Reutilização, Reciclagem e Valorização Energética de Pneus no Brasil. *Polímeros: Ciência e Tecnologia*, 2009, v.18, n.2, p.106-118.
- LALT. (Não publicado). Logística na Construção Civil. Projeto Temático. UNICAMP, Campinas, v. 1, n. 3, p 1 – 210, 2003.
- LAMBERT, D. M. & STOCK, J. R. *Strategical Physical Distribution Mangement*. Homewood. IL, 1981.
- LEITE, P. R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- LEITE, P. R. Logística Reversa: meio ambiente e competitividade. São Paulo: Prentice Hall, 2003.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO PAULO. <http://www.prefeitura.sp.gov.br/>. Acesso em 08 Ago 2011.
- SOUZA, C. D. Logística Reversa de pós-consumo: Aplicação do processo em uma empresa do ramo de construção civil. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2009.
- STOCK, J. R. *Reverse Logistics*. Illinois: Oak Brook, Council of Logistics Management, 1992.
- ZORDAN, S. E. Geração de Resíduos de Construção e Demolição. FEC – UNICAMP –Dissertação de Mestrado. Campinas, 1997.

# Capítulo 5

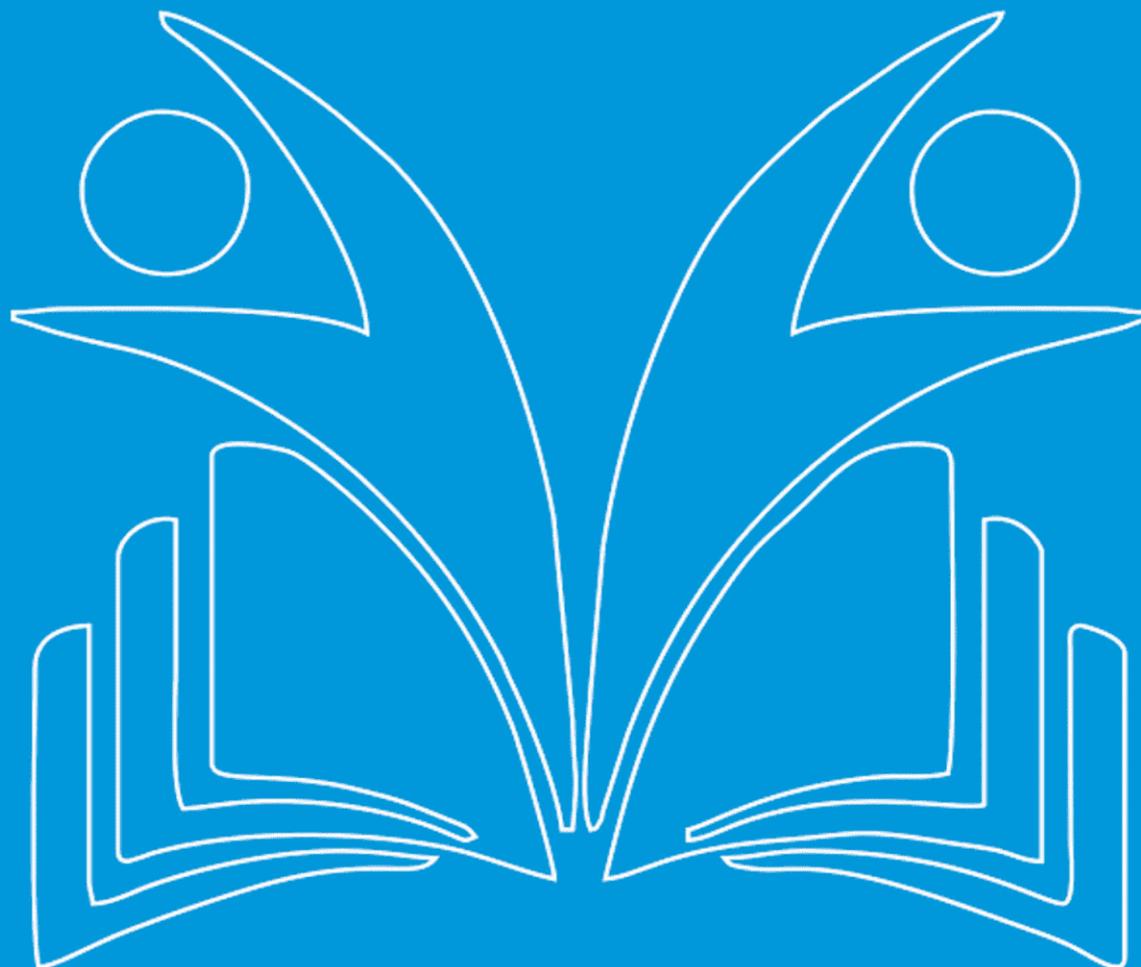


10.37423/210804637

## UM ESTUDO COMPARATIVO DE PROPOSTAS DE ALGORITMOS DE ESCALONAMENTO PARA O PADRÃO IEEE 802.16

*Henaldo Barros Moraes*

*Universidade de Uberaba - UNIUBE*



**Resumo:** Este artigo apresenta um estudo comparativo das principais propostas de algoritmos de escalonamento existentes no padrão IEEE 802.16. Estes algoritmos são extremamente importantes no provimento de Quality of Service (QoS), pois garantem a banda passante requisitada pelas estações cliente e promovem o uso racional do enlace sem fio. Adicionalmente, através de levantamento bibliográfico e comparações entre propostas descritas na literatura, uma análise das principais funcionalidades especificadas no padrão IEEE 802.16, tais como as topologias de redes, Classes de Serviços, Controle de Admissão de Conexões (CAC) e Policiamento é apresentada.

**Palavras-Chave:** Escalonamento, IEEE 802.16, QoS, WiMAX.

## I. INTRODUÇÃO

É sabido que ao longo dos últimos anos a demanda por internet móvel e aplicações multimídia tem motivado o desenvolvimento de tecnologias de acesso banda larga sem fio. Tradicionalmente as tecnologias que permitem acesso e navegação em alta velocidade utilizam a rede telefônica já instalada através do sistema Digital Subscriber Line (DSL) ou Cable Modem, e apresentam projetos de construções com alto custo de implementação e manutenção, especialmente em áreas rurais e remotas [1]. Uma alternativa para as tecnologias cabeadas é o padrão IEEE 802.11, comumente conhecido como Wireless Fidelity (Wi-Fi), que foi projetado para redes locais em pequenas localidades e apresenta baixo custo de implantação e são totalmente inseridas no contexto tecnológico das empresas e usuários domésticos. Mesmo apresentando bons projetos de expansão, este padrão apresenta várias limitações tais como: Conexão entre os Pontos de Acesso ou Access Point (AP's) de diferentes fabricantes, Segurança Vulnerável e Quality of Service (QoS).

Baseando-se neste contexto que o padrão IEEE 802.16, comumente conhecido como Worldwide Interoperability for Microwave Access (WiMAX), surge como uma alternativa extremamente viável para fornecer acesso á internet sem fio em extensas áreas geográficas e regiões de difícil acesso para atender as necessidades de diferentes usuários, com Qualidade de Serviço e custo acessível. O padrão IEEE

802.16 é relativamente novo, teve inicio em 2001, e propositalmente deixa em aberto vários pontos para que os fabricantes possam diferenciar seus produtos, e por ser uma tecnologia recente, tem despertado grande interesse por parte da comunidade acadêmica [2].

O WiMAX é projetado para fornecer acesso a redes sem fio de banda larga ou Broadband Wireless Access (BWA) com garantia de qualidade de serviço entre os usuários residenciais ou comerciais e os provedores de serviços de internet ou Internet Service Provider (ISP). O padrão IEEE

802.16 especifica somente a arquitetura de serviço da camada de acesso ao meio ou Medium Access Control (MAC), mas deixa os projetos de implementação dos algoritmos de controle de admissão de conexões ou Connection Admission Control (CAC) e algoritmos de escalonamento indefinidos e abertos para discussão e implementações. Em vista disso, este artigo apresenta um estudo comparativo entre algumas propostas de algoritmos de escalonamento, para o padrão IEEE 802.16, presentes na literatura.

Este artigo está dividido em mais três seções, além desta, distribuídas da seguinte maneira: A Seção II apresenta um detalhamento do padrão IEEE 802.16 onde são mostradas algumas de suas principais características, tais como os modos de operação, tipos de escalonamento, e modelos de transmissão. Na Seção III são apresentadas as classes de serviços com suas principais características, as definições de escalonamento, CAC, e finalizando a seção o Policiamento de Tráfego, com uma breve exemplificação do funcionamento do algoritmo *Token Bucket*. Por fim, a Seção IV apresenta a conclusão a respeito do conteúdo apresentado no trabalho.

## II. O PADRÃO IEEE 802.16

O padrão IEEE 802.16 pode ser definido como um padrão global, pois é compatível com os padrões do *International Telecommunication Union* (ITU) e do *European Telecommunication Standard Institute* (ETSI) o mesmo já não acontece com o 802.11, que possui um projeto proprietário [4].

A primeira versão do WiMAX foi publicada no ano de 2002 e permitia transmissão apenas com visada direta ou *Line of Sight* (LOS) operando numa faixa de frequência de 10-66 GHz podendo ter um alcance de até 50 quilômetros, cabendo aos fabricantes informarem quais serão as faixas de frequências a serem utilizadas. O sistema que utiliza linha de visada LOS é mais utilizado na comunicação entre *Base Station* (BS), ou entre estações que não possuem mobilidade. A comunicação sem linha de visada ou *Non Line of Sight* (NLOS), é utilizada em todas as extensões a partir do IEEE 802.16a que foi aprovada em 2003, onde permite uma transmissão utilizando uma faixa de frequência mais baixa que varia de 2 a 11 GHz. Estas mudanças irão permitir alta taxa de transmissão e variação de mobilidade, preenchendo com isto os problemas enfrentados, respectivamente, com as redes locais e as redes metropolitanas [1].

Quanto aos modos de operações, o padrão IEEE 802.16 permite basicamente dois modos [8]:

- **PMP (Ponto-Multiponto)** – Neste tipo de operação todas as *Subscriber Station* (SS) recebem a mesma transmissão da BS e as transmissões feitas pelas SS são diretamente direcionadas para a BS. A BS neste caso é o ponto central que controla toda a comunicação, sendo neste caso o único ponto de falha da rede, e caso apresente algum problema todas as SS ficarão impossibilitadas de se comunicarem. A BS deve ser posicionada num ponto estratégico, para fornecer alcance para várias SS's simultaneamente [5]. Este modo de operação apresenta basicamente as seguintes estratégias de escalonamento:

- 1 **Estratégia Baseada em Filas** - Este tipo de escalonamento é aplicado utilizando o aspecto da fila de pacotes, em que se deve encontrar uma disciplina de fila apropriada que atenda aos requisitos de QoS das classes de Serviços.
- 2 **Estratégia Baseada em Otimização** - Neste tipo de escalonamento, o objetivo é encontrar uma fórmula de maximizar o desempenho do sistema.
- 3 **Estratégia Cross-layer** – É um tipo de escalonamento de dados entre as camadas. O objetivo principal deste tipo de escalonamento é otimizar o transporte e a comunicação entre diferentes camadas para auxiliar no desempenho do sistema.

- **Mesh** – É um tipo de operação onde a comunicação pode acontecer diretamente entre as SS's sem haver a necessidade de controle por parte da BS. Neste modelo, as SS's se apresentam como uma alternativa para roteamento do tráfego na célula. Esta topologia exige algoritmos de roteamento complexos, pois operam no modo *ad hoc*, ou seja, operam sem a necessidade de um ponto central [6]. As redes *Mesh* do padrão IEEE 802.16 apresentam basicamente os seguintes mecanismos de escalonamento:

- 1 **Escalonamento Centralizado** – Neste modo de escalonamento, a BS coordena todo o tráfego das SS's e BS's juntas. Uma das vantagens deste tipo de escalonamento é que a BS garante que as transmissões estarão livres de colisões, uma vez que a BS tem controle de toda a rede.
- 2 **Escalonamento Distribuído** - Neste método de escalonamento as estações coordenam suas transmissões sem a intervenção da BS, eliminando com isso os problemas criados pela estação base.

A Figura 1 apresenta de forma sucinta os modos de operação PMP e *Mesh* citados anteriormente.

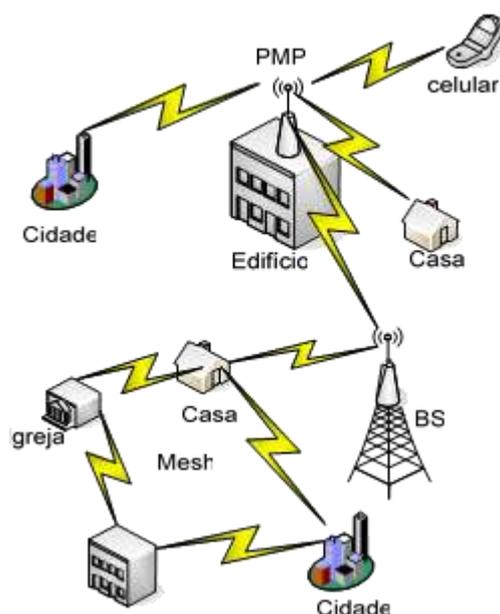


Fig. 1 – Modos de Operação Mesh e PMP.

#### A. Modelos de Transmissão do padrão IEEE 802.16

Além da flexibilidade em termos de camada física, o padrão IEEE 802.16 suporta diferentes esquemas de transmissão sobre os enlaces.

Para as operações que utilizam a duplexação por divisão na frequência ou Frequency Division Duplexing (FDD) os canais de uplink e downlink são separados em frequências diferentes, sendo um sistema mais apropriado para transporte de tráfegos simétricos entre os dois canais.

Diferentemente do esquema anterior, na duplexação por divisão no tempo ou Time Division Duplexing (TDD) um único canal é compartilhado para a transmissão uplink e *downlink* em tempos diferentes. Conforme pode ser visto na Figura 2, o quadro é dividido em duas partes sendo uma para *downlink* e outra para o *uplink*. No intervalo de tempo reservado ao *downlink* a BS transmite as informações necessárias para as SS's utilizando todo o espectro disponível. O tempo de recebimento dos dados de *downlink*, pelas SS's, é distribuído através de um mapa denominado de DL-MAP. O padrão define o mapa de *uplink*, UL-MAP, sendo este o responsável por definir quais SS's irão transmitir nos subquadros de *uplink* subsequentes [7].

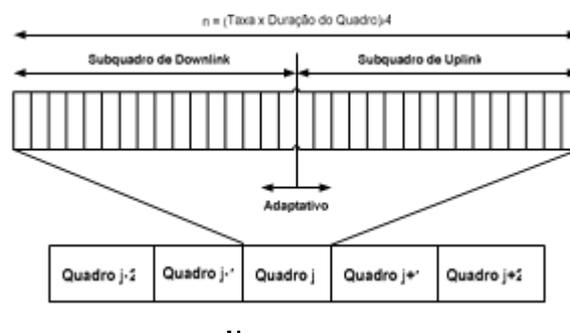


Fig. 2. Esquema de Transmissão TDD.

### III. PROVISÃO DE QOS NAS REDES IEEE 802.16

Para acomodar tráfego heterogêneo com vários requisitos de QoS, o protocolo da camada MAC do Padrão IEEE

802.16 é orientado a conexão e todas as transmissões ocorrem dentro do contexto de conexões unidirecionais. Cada conexão estabelecida é identificada pelo identificador de conexão único ou *Connection Identifier* (CID) e posteriormente é associado com um fluxo de serviço ativo ou admitido. Baseado no tipo de serviço a ser realizado por cada aplicação de usuário, um serviço de escalonamento específico é atribuído para encaminhar os dados pela rede. Mediante isso, um conjunto de parâmetros de QoS deve ser especificado quando é criado um novo fluxo de serviço, tais como: *Maximum Reserved Traffic Rate*, *Maximum Lattency Tolerate Jitter* etc [8].

Uma das vantagens das redes do padrão IEEE 802.16 é o escalonamento de *uplink* com suporte a múltiplas classes de QoS. Quando uma SS deseja estabelecer uma conexão com a BS, ela envia uma mensagem de requisição contendo sua classe de serviço e especificações de tráfego. Uma conexão somente é aceita se existir recursos suficientes e capazes de garantir QoS mínima para esta conexão. Após o estabelecimento, a SS pode enviar e receber dados utilizando a largura de banda alocada. A largura de banda é concedida pela BS baseado num algoritmo de escalonamento específico.

O padrão IEEE 802.16 faz o tratamento diferenciado dos dados do usuário para que haja provimento de QoS nas aplicações. Este tratamento diferenciado é realizado através de 4 classes de serviços de escalonamento a fim de completar os requisitos de qualidade de serviços. As classes de serviços são as seguintes [9]:

- **UGS** (*Unsolicited Grant Service*) – Esta classe é projetada para suportar fluxo de serviços em tempo real com taxa de bits constantes ou *Constant Bit Rate* (CBR). Os pacotes são gerados

periodicamente e possuem tamanho fixo. Como exemplos de aplicações podem ser citados *Voice Over IP (VoIP)* sem supressão de silêncio e ATM CBR.

- **rtPS** (*Real Time Polling Service*) – Esta classe é projetada para suportar aplicações em tempo real. Os pacotes possuem tamanho variável e são gerados em intervalos periódicos. Uma conexão rtPS realiza requisições de largura de banda através de informações contidas nas concessões *unicast* que são transmitidas periodicamente pela BS.
- **nrtPS** (*Non-Real-Time Polling Service*) – Esta classe de serviço suporta tráfego armazenado tolerante ao atraso com fluxo de taxa variável (pacotes de tamanho variável); e devido ao fato da taxa de dados ser variável a largura de banda também possui tamanho variável regularmente.
- **BE** (*Best Effort*) - Esta classe é projetada para aplicações que requerem o melhor esforço com o mínimo de QoS. Como exemplo, podem ser citadas as aplicações voltadas para Internet.

O padrão IEEE 802.16 suporta vários requisitos de QoS para as conexões individuais. Caso uma SS desejar estabelecer uma conexão com a BS, primeiramente esta estação envia uma requisição para a estação destino; quando a BS receber a mensagem de requisição, esta realiza o controle de admissão baseado nas especificações de qualidade de serviço, recursos disponíveis e finalmente nas requisições de tráfego. Após o estabelecimento da conexão, a SS deve solicitar uma largura de banda particular para posterior envio de dados. Para o provimento de QoS entre as conexões, o padrão IEEE 802.16 se baseia em 3 atividades:

#### **A. Controle e Admissão de Conexões (CAC)**

Estes algoritmos são utilizados para verificar se um novo fluxo de serviço pode ser estabelecido numa rede baseado em recursos disponíveis. Um algoritmo de CAC somente aceitará novas conexões se, e somente se, a rede puder oferecer QoS mínima requerida pela conexão e não prejudicar a QoS das outras conexões já admitidas.

Um algoritmo de CAC tem como entrada os requisitos de largura de banda das conexões e as restrições de atrasos para o novo fluxo. Quando uma nova requisição de conexão entra numa rede, o primeiro passo que um CAC realiza é checar a disponibilidade de recursos e trabalhar seguindo basicamente os seguintes passos:

- Controle de Largura de banda
- Controle de Atrasos

O resultado de saída de um algoritmo de CAC é a decisão de aceitar ou rejeitar uma nova conexão [9][11].

Para oferecer maior confiabilidade aos algoritmos de controle de admissão de conexão, regulando a taxa de dados que entram numa rede através das SS's, técnicas de policiamento são utilizadas.

### **B. Policiamento de Tráfego**

O policiamento de tráfego é uma técnica que monitora os fluxos admitidos para que os contratos de QoS não sejam violados. Um policiamento garante que o tráfego após ser monitorado está de acordo com os contratos pré- estabelecidos. Segundo M. Ma et al [9], os princípios de policiamento são essenciais no controle de tráfego de uma rede, citando a técnica *Token Bucket* como exemplo.

O algoritmo de *Token Bucket*, ou balde de símbolos, gera os *tokens* seguindo uma determinada taxa de tempo, e quando um pacote for transmitido ele deve se agrupar com *token* para a concretização da conexão, este *token* deve ser descartado do balde. Utilizando esta técnica de policiamento pode-se realizar maior economia de símbolos, permitindo deste modo o envio de rajadas posteriores.

### **c. Escalonamento**

Os algoritmos de escalonamento são extremamente importantes para auxiliar na garantia de qualidade de serviço nas redes IEEE 802.16. São vários os tipos de algoritmos utilizados para dar suporte a QoS, cabendo aos desenvolvedores utilizarem aqueles que serão mais úteis de acordo com os tipos de serviços. O padrão IEEE 802.16 não define um algoritmo de escalonamento específico para ser utilizado, no entanto, define uma arquitetura contendo três escalonadores diferentes, sendo um de *uplink* e outro de *downlink* na BS e apenas um de *uplink* na SS [9].

O escalonador de *downlink* da BS é o responsável por enviar os pacotes de *broadcast* para as estações, enquanto o escalonador de *uplink* é o responsável por determinar quais SS's irão transmitir nos *frames* seguintes. Diferentemente, o escalonador de *uplink* da SS determina quais pacotes irão ser transmitidos no intervalo de tempo reservado para a SS específica. Um algoritmo de escalonamento, para garantir QoS para as conexões em andamento, necessita do controle da distribuição de banda realizado pelo algoritmo de controle de admissão de conexão.

## **IV. ALGORITMOS DE ESCALONAMENTO NO PADRÃO IEEE 802.16**

Uma disciplina de escalonamento de pacotes é um processo de resolução de contenção, com o principal objetivo de compartilhar recursos e garantir que os requisitos de QoS sejam atendidos,

envolvendo a alocação de largura de banda entre todos os usuários e a ordem de transmissão. O padrão IEEE 802.16 não define um algoritmo de escalonamento obrigatório, sendo a escolha deixada como uma questão em aberto para programadores e empresas. Atualmente existem várias técnicas de escalonamento conhecidas, algumas são implementadas especificamente para o *WiMAX*.

Uma disciplina de escalonamento deve possuir qualidades desejáveis e questões que precisam ser abordadas por um algoritmo, tais como[9]

1. **Flexibilidade** – Uma disciplina de escalonamento deve acomodar usuários com diferentes requisitos de QoS e encontrar os requisitos mínimos para os usuários. Deve ser flexível o suficiente para requerer o mínimo de alterações em caso de ser utilizado em redes ou tecnologias diferentes.
2. **Simplicidade**– Deve apresentar uma simplicidade tanto conceitualmente quanto mecanicamente;
3. **Justiça** – Além de satisfazer os requisitos de QoS dos usuários, precisa assegurar que um nível aceitável de justiça seja mantido entre os usuários.
4. **Utilização do Enlace** – Um algoritmo de escalonamento é utilizado para atribuir largura de banda para os usuários de tal forma que a utilização máxima do enlace seja possível, e assegurar que os recursos não sejam alocados para os usuários que não possuem dados suficientes para transmitir, evitando deste modo um desperdício de recursos.
5. **Mobilidade dos Dispositivos** – Células podem apresentar noções diferentes de tempo, e as BS's pertencentes a diferentes células não são requisitadas para realizarem sincronização. Quando um dispositivo móvel se desloca de uma célula para outra, os pacotes precisam ser marcados com base nas noções de tempo da nova célula.
6. **Conservação de Energia nos Dispositivos Móveis** – Devido à energia limitada e insuficiente nos dispositivos móveis, um algoritmo de escalonamento deve assegurar processamento limitado nos dispositivos finais.
7. **Proteção** – Um algoritmo de escalonamento precisa ser capaz de proteger aqueles usuários que geram tráfego controlados de fontes variáveis, tais como: tráfego pertencente à classe BE, usuários com tráfegos descontrolados e flutuações na carga da rede.

#### A. Propostas de escalonamento presentes na Literatura

Na literatura existem várias propostas para melhoramento dos algoritmos de escalonamento. A escolha da disciplina de escalonamento utilizada será fundamental no resultado final do escalonamento. Vários algoritmos estão disponíveis na literatura e a escolha deve ser realizada de forma que atenda ao fluxo de dados e o sentido de tráfego, uplink ou downlink. A tabela I apresenta a análise de algumas propostas de escalonamento, apresentando as disciplinas utilizadas e as principais características prós e contra a implementação.

**Proposta de Escalonamento 1** – Em [12] o autor propõe um algoritmo de escalonamento onde combina uma política de prioridade estrita entre as várias categorias de serviços. As filas são gerenciadas por diferentes disciplinas de escalonamento, distribuídos da seguinte forma: Largura de banda fixa para as conexões da classe de serviço UGS, WRR para a classe rtPS e nrtPS e finalmente o RR para o tráfego BE. Os pesos do WRR para as classes rtPS e nrtPS, são calculados baseados na largura de banda concedida.

**Proposta de Escalonamento 2** – Utilizando uma estrutura de escalonamento hierárquico, [3] foi o primeiro autor a propor este método. Para o modelo proposto foi usado uma combinação de disciplinas de escalonamento, sendo o Strict Priority inicialmente, e posteriormente, uma reserva fixa para as conexões que utilizam a classe UGS, o EDF para a classe rtPS, o WFQ para o nrtPS e finalmente a banda residual distribuída para o BE. A fim de evitar starvation com as classes de baixa prioridade foi proposto um algoritmo de policiamento Token Bucket em cada SS.

Novas conexões serão gerenciadas através de um CAC implementado em conjunto com o algoritmo de escalonamento.

**Proposta de Escalonamento 3** – Neste artigo, [15] propõe um algoritmo de escalonamento baseado em 3 filas de escalonamento, sendo que cada uma apresenta prioridades diferentes. As filas de alta prioridade, UGS e ertPS, armazenam os grants periódicos para o envio de dados e os grants periódicos para o envio de requisição no frame seguinte. A fila intermediária armazena as requisições enviadas pelas conexões rtPS e nrtPS, e finalmente a terceira fila armazena as requisições de banda enviadas pelas conexões BE. Para garantir que os requisitos de QoS das conexões rtPS e nrtPS possam ser garantidos as conexões de suas filas podem migrar para a fila de alta prioridade.

TABELA I: Análise Comparativa de algoritmos de escalonamento

Proposta de Escalonamento	Disciplinas Usadas				Prós	Contra
	UGS	rtPS	nrtPS	BE		
1	Alocação Fixa	WRR	WRR	RR	- Transmissões em tempo real terão maiores prioridades devido às reservas de banda no cálculo dos pesos.	- Implementação complexa. Estações com baixa qualidade do sinal podem não transmitir.
2	Alocação Fixa	EDF	WFQ	RR	- Garantia de latência máxima para as conexões rtPS através do algoritmo EDF	- Algoritmo complexo, devido à hierarquia de escalonadores
3	Fila de Alta Prioridade	Fila de Prioridade Intermediária	Fila de Prioridade Intermediária	Fila de Baixa Prioridade	- Garantia de latência máxima; - Garantia de taxa mínima para as conexões rtPS e nrtPS.	- Alto número de conexões rtPS faz com que restem poucos slots para o serviço BE.
4	Alocação Variada	Alocação Variada	Alocação Variada	Alocação Variada	- Em caso de inatividade de alguma classe, outra pode requerer a banda inativa	- Em caso de grande fluxo de conexões para as classes UGS, rtPS e nrtPS a classe BE pode ser penalizada.
5	EDF	EDF	WFQ	WFQ	Todos os tráfegos que apresentam sensibilidade com relação ao tempo terão prioridade	- Arquitetura complexa para ser implementada. - Jitter muito alto no período de contenção

**Proposta de Escalonamento 4** – Em [13], os autores propõe um algoritmo de escalonamento no qual é apresentada uma estrutura de escalonamento que utiliza empréstimo de banda entre as classes de serviços. A prioridade principal é dada as conexões da classe UGS que podem ser admitidas desde que a soma de todas as conexões não ultrapassem a quantidade do canal. Para as conexões rtPS, o funcionamento é parecido, mas o empréstimo será feito com as conexões do tipo nrtPS. Já para as conexões nrtPS, o modo de degradação é diferente, ocorrendo apenas entre as conexões da mesma

classe, ou seja, ocorre somente entre as conexões nrtPS. Finalmente as conexões BE têm seus pedidos sempre aceitos, mas a BS não reserva banda para as conexões BE. Estas conexões somente irão transmitir quando outra conexão apresentar algum período de inatividade.

**Proposta de Escalonamento 5** – Nesta proposta o autor usa um modelo de escalonamento baseado em requisitos de atrasos. [14] usa 3 escalonadores para encontrar os requisitos de QoS para diferentes classes de serviços. Os Tráfegos que são sensitivos a atrasos, tais como: fluxo UGS, fluxos rtPS e polling nrtPS são servidos pelo escalonador 1 que aplica EDF, fluxos que requerem reserva mínima de banda tais como nrtPS e BE são servidos pelo escalonador 2 e 3, respectivamente, que aplica a disciplina WFQ. Os pesos para o escalonador 2 são calculados baseados na proporção de banda requisitada, enquanto para o escalonador 3 os pesos são calculados baseados na prioridade de tráfego especificado por cada conexão BE.

## V. CONCLUSÃO

Este trabalho fornece uma visão geral sobre a arquitetura de provisão de QoS em redes IEEE 802.16, com ênfase nas políticas de escalonamento de pacotes. Realizou-se um levantamento sobre as principais propostas de escalonamento existentes na literatura, bem como uma análise comparativa entre elas, em relação às diferentes disciplinas de escalonamento e classes de serviços. Através do estudo realizado, verificou-se que na literatura existem muitos trabalhos que apresentam projetos de implementação complexos para os modelos atuais, que em muitos casos são inviáveis de se aplicar na BS. Com o avanço das pesquisas na área de escalonamento de pacotes, nos últimos anos têm surgido estratégias de escalonamento mais simples e que são capazes de atender os diferentes requisitos de QoS das aplicações. Sugere-se então a elaboração de propostas de escalonamento que sejam simples e viáveis de se implementar na BS, juntamente com políticas de CAC e policiamento de tráfego.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Sassan. "An Overview of Next-Generation Mobile WiMAX Technology". Santa Clara: Intel Corporation, 2009.
- [2] J.F. BORIN; N.L.S. FONSECA, "Um módulo para simulação de redes WiMAX no simulador ns-2". Campinas: UNICAMP, 2008.
- [3] K. Wongthavarawat and A. Ganz, "Packet Scheduling for QoS Support in IEEE 802.16 Broadband Wireless Access Systems", International Journal of Communication Systems, vol. 16, no. 1, pp. 81-96, 2003.
- [4] INTEL Corporation (2003). IEEE 802.16 and WiMAX – Broadband Wireless Access for Everyone. Acedido em 20 de abril de 2011, em <http://www.techonline.com/learning/techpaper/19310229> 2.
- [5] C.A. Rodrigues, "Escalonamento de tráfego em redes WiMAX no Modo PMP". 2009. 109f (Dissertação de Mestrado). Acedido em 27 de abril de 2011, em: <http://repositorio.bce.unb.br/handle/10482/3877>.
- [6] S. Xergias, N. Passas, A.K. Salkintzis, "Centralized resources allocation for multimedia traffic in IEEE 802.16 Mesh Networks", Proceedings of the IEEE, vol. 96, no. 1, pp. 54-63, 2008.
- [7] I.C. Msadaa, D. Câmara; F. Filali, "Scheduling and CAC in IEEE 802.16 Fixed BWNs: A Comprehensive Survey and Taxonomy", IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 12, no. 4, pp. 459-487, May 2010.
- [8] M. Ma, Current Technology Developments of WiMAX Systems, Springer, Singapura, 2009.
- [9] P. Dhrona, "A Performance Study of Uplink Scheduling Algorithms in Point to Multipoint WiMAX Network". Queens's University, Kingston, Canada, Dezembro de 2007
- [10] S. Kim, M. Lee, I. Yeom, "Simulating IEEE 802.16 Uplink Scheduler Using NS-2". Simulation Works. Industry Track to The First International Conference on Simulation Tools and Techniques for Communications, Networks and Systems, ICST, 2008.
- [11] Y. Subramanyam, Y. Venkateswarlu, "WiMAX Base Station Scheduling Algorithms" White Paper, Acedido em 06 de Maio de 2011 em: [http://www.tcs.com/resource/white\\_paper/Pages/WiMAX-Base-station-scheduling-algorithm.aspx](http://www.tcs.com/resource/white_paper/Pages/WiMAX-Base-station-scheduling-algorithm.aspx).
- [12] M. Settembre, M. Puleri, S. Garritano, P. Testa, R. Albanese, M. Mancini, "Performance analysis of an efficient packet-based IEEE 802.16 MAC Supporting adaptive Modulation and coding.", In international symposium on Computer Networks, pp 11-16, Jun 2006.
- [13] H. Wang, W. Li, D.P. Agrawal, "Dynamic admission Control QoS for 802.16 Wireless MAN", Wireless Telecommunication Symposium, Apr. 2005

- [14] N, Liu, X. Li, C. Pei B. Yang, "Delay Character of a Novel Architecture for IEEE 802.16 Systems", Sixth International Conference on Paralell and Distributed Computing Applications and Technologies, pp 293-296, 2005, Dec. 2005.
- [15] J. Borin; N. Fonseca, "Algoritmos para Controle de Admissão e Escalonamento do Tráfego Uplink em Redes IEEE 802.16" Campinas: UNICAMP, 2008.

# Capítulo 6



10.37423/210804640

## ANÁLISE DOS INDICADORES DA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO MUNICÍPIO DE MARABÁ, SUDESTE PARAENSE

*Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos-de-Oliveira* Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

*Danielly Nathaline de Sousa Andrade*

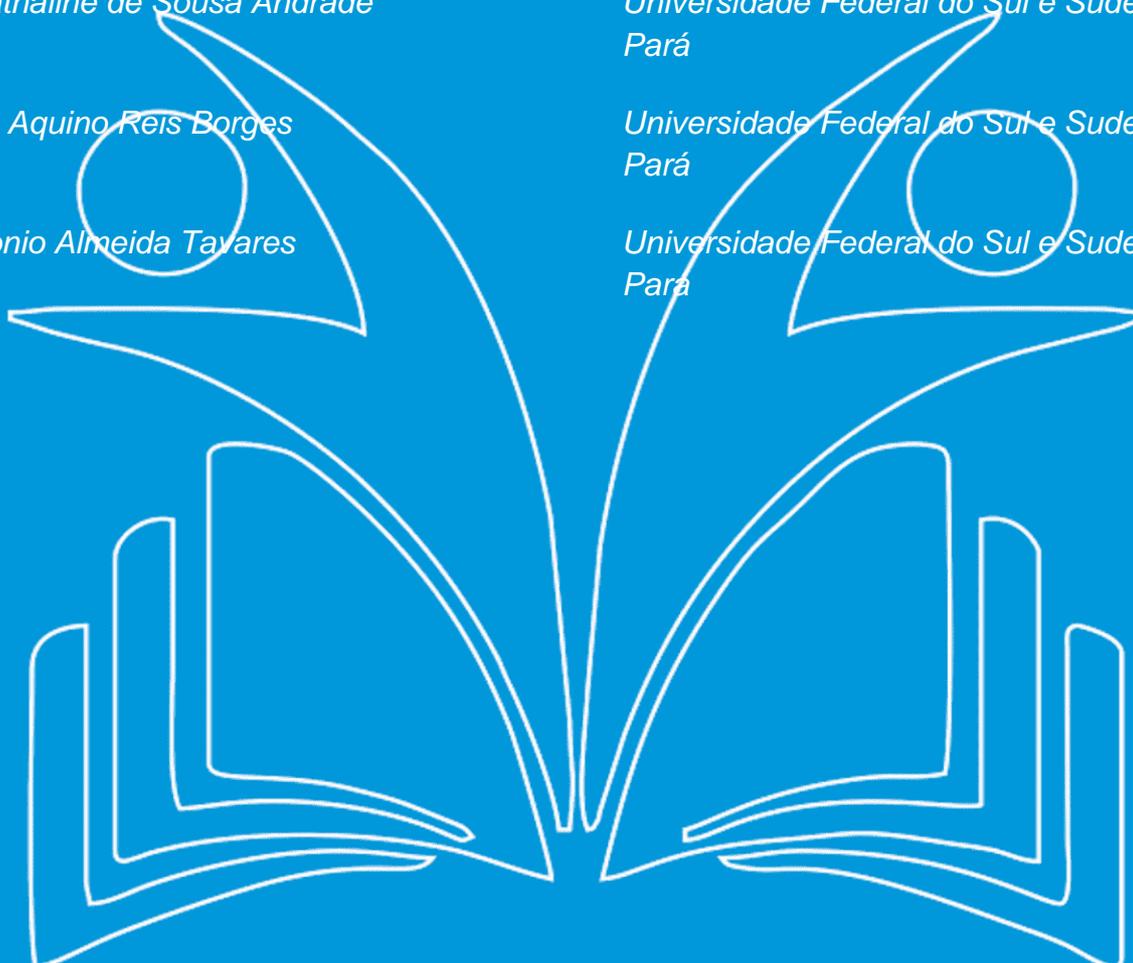
Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

*Fabiana de Aquino Reis Borges*

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

*Marco Antonio Almeida Tavares*

Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará



**Resumo:** A gestão de resíduos sólidos tem se mostrado um desafio para grande parte dos municípios. É observável um esforço para a melhoria do processo de gestão dos resíduos sólidos, como por exemplo, com o advento das diretrizes pré estabelecidas pelo Plano Nacional de Saneamento Básico (PNSB). Ele representa um passo para alcançar objetivos para o setor. PNSB ocasiona a elaboração de planos em nível municipal em várias cidades do Brasil. Nesse sentido, este artigo analisou a eficácia dos indicadores empregados nas metas de curto prazo do Plano Municipal de Saneamento Básico do município de Marabá, localizado no sudeste do Pará, no que tange a gestão dos resíduos sólidos. Foi aplicado como método a análise de conteúdo, utilizando como critério a objetividade absoluta. Como resultado foi constatado que os indicadores apresentaram, majoritariamente, ausência de objetividade absoluta.

**Palavras-chave:** Resíduos sólidos. Indicadores. Marabá. PMSB. Metas.

## INTRODUÇÃO

Este artigo realizou uma análise das metas, indicadores e ações do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), do município de Marabá, localizado no sudeste paraense. Essas metas, indicadores e ações são referentes a gestão de resíduos sólidos.

Para essa análise foi adotado o conceito de análise de conteúdo, proposto por Bardin (1977), com ênfase na descrição analítica, sendo considerado como critério de confiabilidade dos indicadores a visão de Pereira *et al.* (2018), segundo os quais, os indicadores devem buscar, primeiramente, a objetividade, pois a subjetividade dificulta a compreensão por parte dos gestores que fornecerão os dados a serem analisados.

Como categoria analítica escolheu-se a objetividade absoluta, sendo essa definida, na visão de Megill (1994, p. 1), como objetividade absoluta, a qual está ligada a “representar as coisas como elas realmente são”.

Ademais, o documento analisado, PSMB, traz metas de curto-prazo, ou emergenciais, com prazo de aplicação de 2019 a 2022; metas de médio-prazo, com prazo de 2023 a 2027; e metas de longo prazo, de 2026 à 2036, contudo, neste estudo se focou nas metas de curto prazo.

## MÉTODO

Esse estudo aborda uma pesquisa exploratória, que por meio de uma pesquisa documental aplicou o técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (1977), com ênfase na descrição analítica, a qual, segundo ela, “funciona segundo procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens” (p. 34). Sendo que o documento analisado foi o Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB), do município de Marabá, estado do Pará.

No PMSB foi especificamente analisada as metas de curto-prazo definidas para os resíduos sólidos. Como comentado anteriormente, o critério para tal ação adotado foi a objetividade absoluta, trazida por Megill (1994, p. 3) que diz que “a objetividade absoluta, então, se apresenta como absoluta não em sua certeza ou infalibilidade, mas sim na sustentação de que deveria ter sobre nós como seres racionais”.

Os resultados foram agrupados em foram criadas duas categorias para a aplicação da análise: Presença de objetividade e Ausência de objetividade.

## A IMPORTÂNCIA DE INDICADORES NA GESTÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Desde a virada do século XX para o século XXI, a preocupação com os resíduos sólidos no Brasil se consolida enquanto os problemas referentes ao gerenciamento deficitário passaram a influenciar negativamente na qualidade de vida da população, para enfrentar esses problemas foram criados instrumentos, dentre eles pode-se citar o Plano Nacional de Saneamento Básico, elaborado pelo Governo Federal, sob a coordenação do Ministério das Cidades (BRASIL, 2007).

Dentre as diretrizes do referido plano está a elaboração do PMSB, pois é um dos principais instrumentos para a gestão das políticas municipais de saneamento, afinal, nele estarão concentradas as metas para aprimoramento dos serviços, as ações necessárias e o cronograma para alcance dos objetivos propostos, além de ser imprescindível para a obtenção dos recursos junto à União e validade dos contratos de prestação dos serviços de saneamento básico. (BRASIL, 2007).

No referido documento, no caso do município de Marabá, foram traçadas metas e objetivos para que atinja sua eficácia. No entanto, faz-se necessário alguma forma de metrificação que auxilie na mensuração das ações que serão desenvolvidas, e, mais que isso, que esses sejam elaborados de forma elucidativa e objetiva. Percebe-se então a demanda por compreender a descrição dos indicadores, os quais são um instrumento de quantificação que permite mensurar a dimensão de um programa. Segundo Jannuzzi (2003, p. 15) “É um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando na mesma.”

No decorrer desta análise, percebe-se que o PMSB apresenta em seu *corpus* um quadro intitulado “Mecanismos de avaliação das ações do PMSB - Eixo 4: Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos”, ele aponta que para a avaliação e mensuração dos resultados, foi inserido no referido documento, dois elementos fundamentais: os indicadores de desempenho e o método de avaliação” (PMSB, 2019, p. 377).

O Quadro 1 apresenta as metas de curto prazo que serão analisadas e selecionadas a partir da correlação da gestão de resíduos sólidos:

**Quadro 1. Metas de Curto Prazo do PMSB de Marabá.**

3.4	<b>SISTEMA DE LIMPEZA URBANA E MANEJO DE RESÍDUOS SÓLIDOS</b>
3.4.1	<b>METAS EMERGENCIAIS E/OU DE CURTO PRAZO (2019-2022)</b>
a)	Organização de Catadores em Cooperativas ou Associações
b)	Projeto Cidade Limpa
c)	Projeto de Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos nos residenciais Jardim do Éden e Tiradentes
d)	Implantar Aterro de Resíduos da Construção Civil (RCC)
e)	Plano de Encerramento do Aterro Municipal
f)	Fomentar Sistema de Logística Reversa

Fonte: Adaptado de PMSB (2019).

O Quadro 2 apresenta as ações, indicadores e avaliação proposta no PMSB. Além da análise de objetividade aplicada.

**Quadro 2. Mecanismos de avaliação das ações do PMSB - Eixo 4: Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos.**

Eixo 4	Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos		
	Ações	Indicadores	Avaliação
4.1	Elaborar Plano de Coleta Seletiva para o município	Evolução do plano	Satisfatório: elaboração em até 3 anos Insatisfatório: elaboração em mais de 3 anos
4.2	Realizar campanhas de sensibilização da população quanto à importância da reciclagem dos resíduos sólidos bem como a disposição adequada.	1 - Realização de campanhas de sensibilização. 2 - Quantidade total de material recolhido pela coleta seletiva (exceto matéria orgânica) / Quantidade total coleta	1 - Satisfatório: realização de campanhas de sensibilização regularmente. Insatisfatório: ausência de campanhas sensibilização. 2 - Satisfatório: > 90%. Regular: 80% a 90%. Insatisfatório: < 80%.
4.3	Disponibilizar espaço físico ou mecanismos que facilitem a instalação das entidades recicladoras.	Quantidade de entidades recicladoras	Satisfatório: aumento de entidades recicladoras. Insatisfatório: diminuição de entidades recicladoras.
4.4	Promover melhorias e a inclusão da coleta seletiva no município no intuito de aumentar o volume de materiais coletados e reciclados.	Abrangência da coleta seletiva.	Satisfatório: 100% do município. Regular: 50% a 100% do município. Insatisfatório: < 50% do município.
4.5	Promover ações de incentivo e apoio para os catadores de recicláveis, associados ou não.	[item não legível] de incentivo e apoio aos catadores de resíduos recicláveis.	Satisfatório: existência de ações. Insatisfatório: inexistência de ações
4.6	Ampliar a rota de coleta de resíduos sólidos visando atender 100% do meio rural, distritos e aglomerados urbanos.	População total atendida por coleta domiciliar / População total do município [%]	Satisfatório: > 90% de atendimento. Regular: 80% a 90% de atendimento. Insatisfatório: <80% de atendimento.
4.7	Ampliação do roteiro de limpeza e varrição nos distritos que apresentam pontos com acúmulo de lixo.	Limpeza pública e varrição nos distritos	Satisfatório: existência de serviços de limpeza pública e varrição. Insatisfatório: inexistência de serviços de limpeza pública e varrição.

4.8	Licenciamento e construção de novo aterro sanitário.	[item não legível] do projeto técnico, licenciamento e construção do novo aterro	Satisfatório: realização em até 2 anos. Insatisfatório: realização em mais de 2 anos.
4.9	Operação e manutenção do aterro.	[item não legível] de acordo com as normas e legislações vigentes	Satisfatório: operação de acordo com a legislação vigente. Regular: operação atendendo parcialmente a legislação vigente. Insatisfatório: não atendimento à legislação vigente
4.10	Implantar maior número de cestos/lixeiros de resíduos públicos em todo o município, para que a população tenha mecanismos que evitem a disposição de resíduos nas ruas.	Instalação de novos cestos	Satisfatório: > 90% dos cestos instalados em até 3 anos. Regular: 80% a 90% dos cestos instalados em até 3 anos. Insatisfatório: < 80% dos cestos instalados em até 3 anos.
4.11	Elaborar programa de recuperação de áreas degradadas (lixões, depósitos de RCC, áreas contaminadas, etc.).	Evolução do programa	Satisfatório: verificação e fiscalização do programa de acordo com cronograma pré-estabelecido. Insatisfatório: ausência de programas de recuperação de áreas degradadas
4.12	Estruturação e construção do sistema de ecopontos de resíduos, nos distritos, área urbana e área rural.	1 - Execução dos projetos no prazo estabelecido 2 - Evolução das obras [% executada]	1 - Fiscalização da elaboração dos projetos. 2 - Verificação e fiscalização das obras de acordo com cronograma pré-estabelecido. Satisfatório: obras executadas dentro do prazo. Regular: obras parcialmente executadas dentro do prazo. Insatisfatório: obras não executadas dentro do prazo
4.13	Regulamentar e fiscalizar a atuação das empresas de construção civil, para que o empreendedor realize coleta, transporte e destinação final de acordo com a legislação.	1 - Criação de regulamento. 2 - Fiscalização.	1 - Satisfatório: criação em até 3 anos. Insatisfatório: criação após 3 anos. 2 - Satisfatório: fiscalizações regulares. Regular: fiscalizações esporádicas. Insatisfatório: ausência de fiscalização
4.14	Promover programas de educação ambiental acerca da temática dos resíduos sólidos e orientar os munícipes quanto à disposição correta dos resíduos para coleta.	Ações de educação ambiental	Satisfatório: realização de ações de educação ambiental regularmente. Regular: realização de ações de educação ambiental esporadicamente. Insatisfatório: ausência de ações de educação ambiental
4.15	Comprar máquinas de poda e de limpeza pública para realização dos serviços (roçadeira, soprador de folhas, rastelo e outros acessórios) a cada 2 anos.	Aquisição de máquinas e ferramentas	Satisfatório: aquisição a cada 2 anos, ou conforme necessidade. Insatisfatório: uso de equipamentos obsoletos

Fonte: PMSB (2019).

## RESULTADOS

A avaliação dos indicadores, selecionados a partir das metas de curto prazo, foi realizada segundo os dados contidos no documento de relevância para o estudo em questão. Constatou-se que alguns não demonstraram objetividade com relação às metas de curto prazo, conforme o Quadro 3.

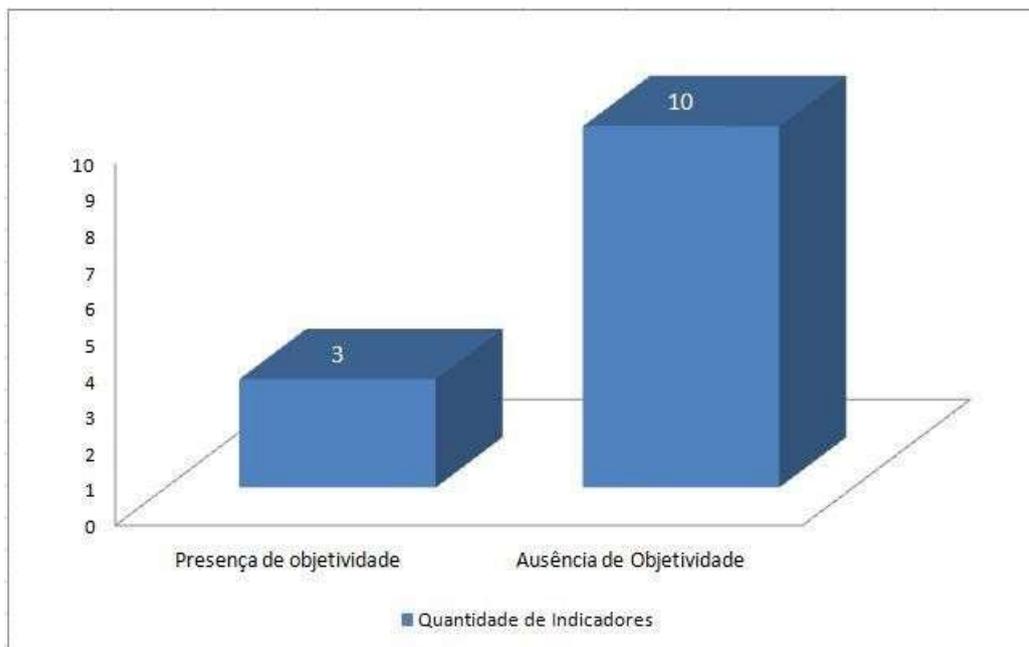
**Quadro 3. Resultado da Análise.**

3.4	Metas Emergenciais e/ou De Curto Prazo (2019-2022)	Indicador e Avaliação	Análise quanto à presença ou ausência de objetividade dos Indicadores e Avaliação propostos no PMSB
a)	Organização Catadores de Cooperativas em Associações ou	4.5	Ausência de objetividade: apresenta avaliação ineficaz, pois a existência de ações não assegura a qualidade desta.
b)	Projeto Cidade Limpa	4.2	1- Ausência de objetividade: não apresenta prazo certo, somente termo não quantificável e indefinido. 2- Presença de objetividade: apresenta forma quantificável e adequada para a eficácia real da ação.
		4.14	Ausência de objetividade: não apresenta prazo certo, somente termo não quantificável e indefinido. Apresenta avaliação ineficaz, pois a existência de ações não assegura a qualidade desta.
c)	Projeto de Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos nos residenciais Jardim do Éden e Tiradentes	Não existem indicadores e avaliação para essa meta.	Ausência de objetividade: Não há indicador e avaliação para mensuração desta meta.
d)	Implantar Aterro de Resíduos da Construção Civil (RCC)	4.8	Presença de objetividade: detalha as ações e apresenta prazo definido.
		4.11	Ausência de objetividade: somente a elaboração não assegura sua execução.
		4.13	1- Presença de objetividade: apresenta prazo definido. 2- Ausência de objetividade: não apresenta prazo certo, somente termo não quantificável e indefinido.
e)	Plano de Encerramento do Aterro Municipal	Não existem indicadores e avaliação para essa meta	Ausência de objetividade: Não há indicador e avaliação para mensuração desta meta.
f)	Fomentar Sistema de Logística Reversa	4.3	Ausência de objetividade: pois apesar de apresentar termo quantificável, não é eficaz pois o aumento de uma única empresa já atenderia esse indicador, porém não traria eficácia da ação.
		4.12	3- Ausência de objetividade: pois o indicador fala da execução do projeto, mas a avaliação fala da fiscalização da elaboração, a qual esta última não garante a execução. 4- Ausência de objetividade: pois o indicador fala da execução da obra em percentual, mas a avaliação não apresenta forma quantificável de mensuração.

Fonte: Autores (2021), com dados de PMSB (2019)

Constatou-se ainda que o referido documento não apresenta indicador e a respectiva avaliação de duas das metas de curto prazo: a meta c) Projeto de Compostagem dos Resíduos Sólidos Orgânicos nos residenciais Jardim do Éden e Tiradentes; e a meta e) Plano de Encerramento do Aterro Municipal. Considerando que alguns indicadores e suas respectivas avaliações se subdividem em dois, foram analisados um total de 13 (treze) indicadores e avaliações, dentre estes 10 (dez) apresentam Ausência de objetividade e somente 3 (três) resultaram na Presença de objetividade (Figura 1).

**Figura 1-** Quantificação da análise.



Fonte: Autores (2021)

Por vezes apresentam incoerência, por exemplo, no indicador 4.13 apresenta objetividade, afinal, seus indicadores são subdivididos em dois: na elaboração e execução, entretanto, o indicador 4.11 deveria ter sido subdividido da mesma forma, porém, consta somente a sua elaboração, o que não assegura a execução real do programa. Por fim, existem indicadores que porções da descrição foram obliteradas no documento, prejudicando a interpretação.

## CONSIDERAÇÕES

Na avaliação documental conclui-se que os indicadores de avaliação do PMSB, em relação às metas de curto prazo no manejo dos resíduos sólidos, não são apresentados com a elucidação necessária, em sua maioria, pois são descritos de forma superficial, subjetiva e não quantificável.

Desta forma, infere-se que eles necessitam de uma nova redação, pois, ao apresentar as essas características descritas, não cumprem sua função principal que seria possibilitar a mensuração dos objetivos e das metas propostos.

Observa-se também que algumas metas de curto prazo sequer possuem um indicador, portanto impossibilitando sua avaliação.

Sendo assim, o plano da gestão de resíduos sólidos da cidade Marabá possui uma considerável deficiência no que tange aos indicadores e avaliação das metas de curto prazo, dificultando o controle social e político.

## REFERÊNCIAS

BARDIN, Laurence. Análise de conteúdo. Tradução de Luís Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.

BRASIL. Lei nº 11.445 de 5 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes para o saneamento básico. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_5compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_5compilado.htm). Acesso em: 10 de mar. 2021.

JANNUZZI, Paulo de M. Indicadores Sociais no Brasil: conceitos, fontes de dados e aplicações. Campinas, Editora Alínea, 3ª. ed., 2003.

MARABÁ. Prefeitura Municipal. Serviço de Saneamento Ambiental de Marabá. Plano Municipal de Saneamento Básico (revisão 2019-2024). Marabá. 2019. Disponível em: <https://maraba.pa.gov.br/wp-content/uploads/2019/11/PMSB- Marab%C3%A1-revis%C3%A3o-2019-2024.pdf>. Acesso em: 09 de fev. 2021.

MEGILL, Allan. Introduction: Four Senses of Objectivity, in: MEGILL, Allan. Rethinking Objectivity. Duke University Press, Durham, 1994. p. 1-20.

PEREIRA, Suellen Silva; CURI, Rosires Catão; CURI, Wilson Fadlo. Uso de indicadores na gestão dos resíduos sólidos urbanos: uma proposta metodológica de construção e análise para municípios e regiões. Eng. Sanit. Ambient. vol.23 no.3 Rio de Janeiro May/June 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018162872>. Acesso em: 09 de fev. 2021.

# Capítulo 7



10.37423/210804642

## APLICAÇÃO DA PROGRAMAÇÃO LINEAR INTEIRA MISTA PARA MINIMIZAÇÃO DE CUSTOS EM LAVANDERIA TÊXTIL: DIMENSIONAMENTO E SEQUENCIAMENTO DE LOTES

*Juliana Adrian Emidio*

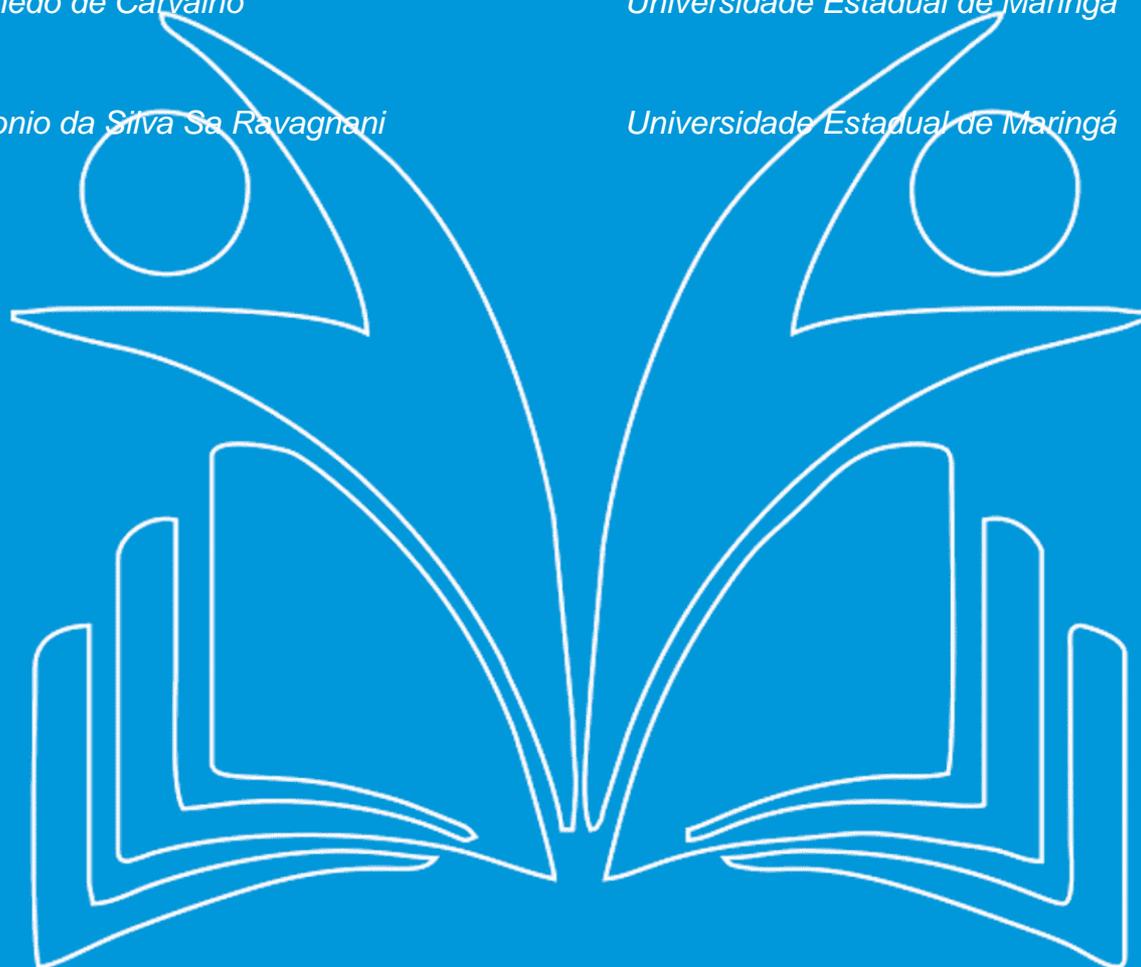
*Universidade Estadual de Maringá*

*Esdras Penedo de Carvalho*

*Universidade Estadual de Maringá*

*Mauro Antonio da Silva Sa Ravagnani*

*Universidade Estadual de Maringá*



**Resumo:** Neste artigo é abordado um problema de planejamento e controle da produção no setor de secagem em uma Lavanderia Têxtil, o problema integrado de dimensionamento e sequenciamento de lotes. O problema consiste em determinar a quantidade de produção de cada peça e a sequência em cada máquina, de forma a minimizar os custos de energia e mão-de-obra no setor, atendendo limitações de capacidade de equipamento e a demanda das peças. Assim, o problema foi modelado matematicamente como um problema de programação linear inteira mista e implementado no *software* GAMS. Como resultado do estudo, o modelo matemático proposto forneceu uma solução que satisfaz as condições impostas pelo problema, possibilitando auxiliar às tomadas de decisões no planejamento e controle da produção neste tipo de indústria.

**Palavras-chave:** Programação linear inteira mista, Programação da Produção, Têxtil.

## 1.INTRODUÇÃO

A forte competição global imposta sobre as empresas cria a necessidade de transformar e melhorar suas operações e práticas. Como resultado, estas empresas buscam reestruturar suas operações de forma a atender melhor seus clientes e se manterem competitivas. Estas empresas têm procurado produzir uma variedade maior de produtos em períodos de tempo mais curtos e utilizando menos recursos, demonstrando, assim, a importância da compreensão da gestão da produção e operações. Essa gestão compreende um vasto campo de estudos dos conceitos e técnicas aplicáveis à tomada de decisões na função de produção ou serviços (SLACK et al. 2002).

A gestão da produção pode ser compreendida como a atividade de gerenciamento de recursos escassos e processos que produzem e entregam bens e serviços, com o objetivo de atender as necessidades e/ou desejos de qualidade, tempo e custo de seus clientes ( PASQUALINI et al., 2010).

Os conceitos e técnicas que compreendem o objeto da gestão da produção dizem respeito à tomada de decisão quanto aos recursos produtivos e às funções administrativas clássicas como planejamento, organização, direção e controle, que estão ligadas com a produção física de um produto ou à prestação de um serviço (MOREIRA, 2000). Uma das atividades mais importantes dentro da função produção é o Planejamento e Controle da Produção (PCP) (SLACK et al. 2002).

Para Martins e Laugeni (2001), o principal objetivo do PCP é gerenciar o processo produtivo, convertendo as informações dos diversos setores em ordens de produção e ordens de compra, para tanto exercendo funções de planejamento e controle, visando satisfazer clientes com produtos e serviços, como também, os acionistas com retorno sobre os investimentos, ou seja, que tenham resultados econômico positivos.

Em diversos processos industriais, como, por exemplo, na indústria têxtil, o planejamento e controle da produção desempenha um importante papel na gestão da produção, visto o grande número de recursos que devem ser gerenciados e os curtos prazos e custos reduzidos que devem ser alcançados.

Dentre os problemas mais importantes e também mais difíceis do planejamento da produção está o dimensionamento de lote (PDL) ou lot sizing. Ele consiste em determinar a quantidade de itens que devem ser produzidos em uma ou mais máquinas, em cada período de um horizonte de planejamento, de forma que atenda a uma certa demanda e otimize uma função objetivo, como exemplo, de minimizar custos (PAGLIARUSSI, 2013). O problema de dimensionamento de lote é um problema clássico de pesquisa operacional.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de um modelo matemático para o dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção para o processo em Lavanderia Têxtil, de forma a atender o objetivo de minimizar os custos envolvidos e apoiar nas decisões do planejamento e controle da produção.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1. INDÚSTRIA TÊXTIL

Segundo a Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confeção a cadeia produtiva têxtil e de confecção do país é a mais integrada do ocidente, produzindo desde as fibras até a confecção. Na maioria são confecções de pequeno e médio porte, reunindo mais de 33 mil empresas. Em 2014, o setor têxtil e de confecção brasileiro apresentou um faturamento de US\$ 55,4 bilhões. Na indústria de transformação, o setor representa uma parcela de 5,7% do valor total de produção (ABIT, 2015)

Ainda de acordo com a ABIT (2015) o Brasil é o quarto maior produtor mundial de artigos de vestuário e o quinto maior produtor de manufaturados têxteis, ficando atrás de alguns países como China e Índia que lideram o ranking. O país produz anualmente cerca de 9,2 bilhões de peças, produzindo no ano de 2014 o volume de 1,5 toneladas de algodão em pluma e cerca de 300 mil toneladas de fibras químicas.

Ao longo dos últimos anos o setor têxtil e de confecção do Brasil tem perdido competitividade e espaço no mercado mundial, mesmo com o crescimento do consumo mundial de têxteis e confeccionados. Atualmente a competitividade neste mercado apresenta índices de crescimento, tendo em vista o crescimento exponencial dos produtos asiáticos no comércio internacional, com destaque para a China (COSTA; ROCHA, 2009). Desta forma, para se manterem competitivas no mercado é imprescindível a redução dos custos de produção por meio de cortes no consumo de materiais, energia, redução da taxa de produção de rejeitos, entre outros (GOMES et al., 2014).

Os processos têxteis que fazem uso da água são um dos maiores consumidores deste recurso na indústria de transformação e, portanto, um dos principais geradores de águas residuais industriais. Com isso, para que as empresas reduzam custos e permaneçam competitivas, é necessário racionalizar o consumo de água e resolver questões como a disposição de águas residuais (HASANBEIGI; PRICE, 2015).

A indústria têxtil também faz uso de uma grande quantidade de eletricidade e combustíveis, eliminando assim, significativas quantidades de gases de efeito estufa (GEE). Além das grandes emissões de CO<sub>2</sub> associadas a este consumo de energia, a queima de combustíveis fósseis é uma importante fonte de poluentes atmosféricos, como os óxidos nitrosos (NO<sub>x</sub>), dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>) e materiais particulados (PM) na China (HASANBEIGI; PRICE, 2015).

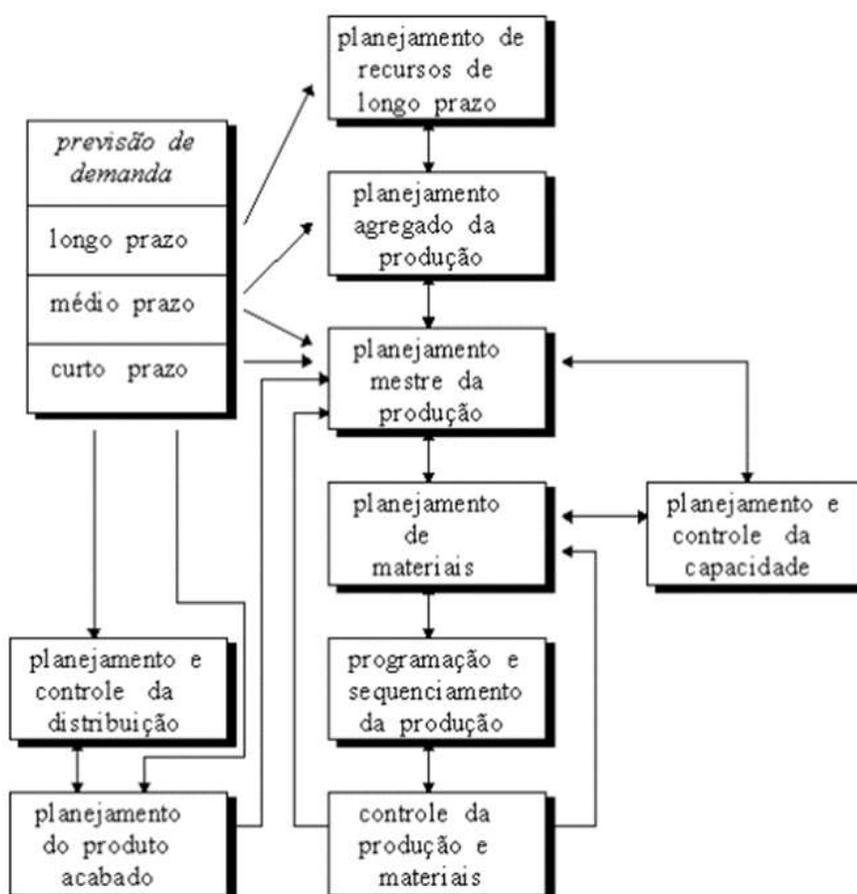
De acordo com Hasanbeigi e Price (2015), apesar de não ser considerada uma indústria de uso intensivo de energia, a indústria têxtil apresenta um grande número de instalações e juntas consomem uma quantidade significativa de energia. Em 2010, a indústria têxtil representou cerca de 4% da energia total consumida na China.

## 2.2. PROGRAMAÇÃO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Segundo Tubino (2000), a eficiência de todo sistema produtivo depende da forma como os problemas administrativos são resolvidos, ou seja, do planejamento, programação e controle do sistema. Para Fernandes e Godinho Filho (2010) as atividades do PCP envolvem diversas decisões com o objetivo de definir o que, quanto e quando produzir, comprar e entregar, além de onde produzir e como produzir.

A Figura 1 ilustra como é estruturado na prática o processo decisório na área de PCP.

Figura 1- Estrutura do Processo decisório do PCP



Fonte: Pasqualini et al., 2010

As empresas de manufatura possuem recursos e capacidade de produção limitados, apresentando muitas decisões complexas de planejamento e controle de produção, como aceitação de pedidos, agendamento dos pedidos, dimensionamento de lotes, ajuste de datas de entrega, alocação de capacidade etc. (GÜÇDEMİR; SELIM, 2017). Uma opção que pode auxiliar na tomada de decisões importantes nas atividades do PCP é a utilização de técnicas de Pesquisa Operacional.

### 2.3. PESQUISA OPERACIONAL

O termo “Pesquisa Operacional” surgiu pela primeira vez no decorrer da Segunda Grande Guerra, quando equipes de pesquisadores tentaram desenvolver métodos para resolução de determinados problemas de operações militares. Esse campo de análise de decisão caracterizou-se, desde seu início, pelo uso de técnicas e métodos científicos por equipes interdisciplinares, buscando determinar a melhor utilização de recursos limitados e a programação otimizada das operações de uma empresa (ANDRADE, 1998).

A Programação Linear tem encontrado uma ampla aplicação nos campos da pesquisa operacional, onde são aplicados a problemas como alocação ótima de recursos e otimização combinatória (KERSTING et al., 2017). Segundo Filippi et al., (2016), em decorrência dos atuais sistemas de produção intensivos em capital, a utilização de métodos de planejamento quantitativos baseados no desenvolvimento e análise de um modelo matemático se mostra necessário.

De acordo com Arenales et al. (2007) a PO, em especial, a programação matemática, faz uso de modelos matemáticos que procuram representar um problema real para tratar os problemas de decisão. Como exemplos de modelos matemáticos tem-se os modelos de otimização matemática: Programação Linear (otimização linear), Programação Linear Inteira (otimização discreta), Programação em Redes (otimização em redes) e Programação Não-linear (otimização não-linear). Inserido na otimização discreta está o problema de produção de dimensionamento de lotes.

#### 2.4. DIMENSIONAMENTO DE LOTE DE PRODUÇÃO

Problemas de otimização discreta, também conhecida como programação inteira e combinatória, apresentam diversas aplicações em Engenharia de Produção, como em planejamento e programação da produção, projeto de layout de sistemas de produção e distribuição de produtos. As variáveis discretas contidas nessas aplicações dizem respeito, por exemplo, sobre decidir se um produto é fabricado ou não em um período ou em escolher a melhor sequência de itens a serem processados em uma máquina (ARENALES et al., 2007). A programação linear inteira mista é umas das técnicas de PO e modela problemas com funções lineares e variáveis reais e inteiras (ARENALES et al., 2008).

Os modelos de programação linear inteira mista são constituídos por um conjunto de equações e inequações, que ilustram as restrições da situação real estudada e uma ou mais equações para descrever a função objetivo, que apresentam os critérios que devem ser maximizados ou minimizados. Decisões do tipo sim-não podem ser representadas por variáveis inteiras que incluem as variáveis binárias (PAGLIARUSSI, 2013).

Um dos problemas mais importantes e também mais difíceis no planejamento da produção é o de dimensionamento de lote (PDL) (KARIMI et al., 2003). Este problema consiste em determinar a quantidade de itens que devem ser produzidos em uma ou mais máquinas, em cada período de um horizonte de planejamento, de forma que atenda uma certa demanda e otimize uma função objetivo, como exemplo, de minimizar custos (PAGLIARUSSI, 2003).

De acordo com Karimi et al. (2003) a complexidade dos PDL dependem das características consideradas pelo modelo. Algumas características impactam na modelagem e complexidade das decisões de dimensionamento de lote, tais como: horizonte de planejamento, número de estágios, número de produtos, restrições de capacidade ou recursos, demanda, estrutura de preparação da máquina (setup), escassez de estoque e previsões anteriores. O problema de dimensionamento e sequenciamento de lote estudado neste trabalho foi tratado com um modelo de programação linear inteira mista.

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1. PROBLEMA

O estudo apresentado neste trabalho foi realizado com base em um problema de dimensionamento e sequenciamento de lote no setor de secagem em uma Lavanderia têxtil apresentado por Oliveira (2013). Conforme o autor, a lavanderia em estudo possui uma área de 20.000 metros quadrados, com 4.500 metros de área construída e trabalha com uma equipe de 250 funcionários diretos. Seu processo não é contínuo e está dividido em lotes de produção.

A empresa possui no setor de secagem dez secadoras e o problema consiste em distribuir os lotes dos 6 tipos distintos de roupas nessas máquinas, de diferentes capacidades e consumo energético, de forma que atenda às restrições de disponibilidade de peças, capacidade dos equipamentos e demanda de cada produto.

A Tabela 1 apresenta a capacidade de cada secadora em quilogramas e a quantidade máxima de peças suportada, considerando a utilização de 75% do equipamento.

Tabela 1- Distribuição da capacidade das Secadoras

<i>Secadora</i>	<i>Capacidade Kg</i>	<i>Capacidade de 75%</i>	<i>Calças</i>	<i>Jaquetas</i>	<i>Saias</i>	<i>Calça Social</i>	<i>Bermuda</i>	<i>Camisa</i>
<i>Secadora 1</i>	100	75	115	115	214	167	250	375
<i>Secadora 2</i>	100	75	115	115	214	167	250	375
<i>Secadora 3</i>	100	75	115	115	214	167	250	375
<i>Secadora 4</i>	100	75	115	115	214	167	250	375
<i>Secadora 5</i>	150	112,5	173	173	321	250	375	563
<i>Secadora 6</i>	150	112,5	173	173	321	250	375	563
<i>Secadora 7</i>	150	112,5	173	173	321	250	375	563

<i>Secadora 8</i>	150	112,5	173	173	321	250	375	563
<i>Secadora 9</i>	200	150	231	231	429	333	500	750
<i>Secadora 10</i>	30	22,5	35	35	64	50	75	113

Fonte: Oliveira (2013)

Para a determinação da capacidade de quantidade de peças em cada equipamento é usada a massa média de cada um dos tipos de roupas. A Tabela 2 apresenta estes valores.

Tabela 2- Massa média de cada tipo de roupa

Peso médio por tipo de roupa em Kg					
Calças	Jaquetas	Saias	Calça Social	Bermuda	Camisa
0,650	0,650	0,350	0,450	0,300	0,200

Fonte: Oliveira (2013)

#### 4. MODELAGEM

Para a modelagem do problema neste trabalho e a distribuição dos lotes foi considerado um dia de trabalho de 21 horas e um ciclo de processo com duração de 60 min (incluído tempo de *setup*). Como restrições do modelo tem-se que em cada lote não pode ser processado tipos mistos de peças, ou seja, a cada hora em cada máquina somente um tipo de roupa é processada. Além disso, devem ser respeitadas as capacidades de cada máquina, com uma utilização mínima de 50% e máxima de 75%, a demanda de cada produto e que lotes já atribuídos a cada máquina influenciam nos demais, com o objetivo de minimizar os custos de energia e mão de obra direta. Abaixo são apresentados os índices, parâmetros e variáveis do modelo desenvolvido.

##### **Índices:**

-R: Peças de roupas: Sem distinção entre os tipos de roupas (R= roupa);

-j: Processo de Secagem: (j=1,2, ..., 10);

-t: Períodos: Indica o período de planejamento (t= 1,2, ..., 21);

-i: Produtos: Indica as peças processadas (i= calça, jaqueta, saia, calça social, bermuda, camisa);

-y: Dia: Indica os dias de trabalho (y= 1).

##### **Parâmetros**

-Energia\_Custo  $j_i$ : Custo de energia para processar o item tipo  $i$  no processo  $j$ ;

-MOD\_Custo  $ji$ : Custo de mão-de-obra do setor de secagem para processar o item tipo  $i$  no processo  $j$ ;

-Max\_dia  $i$ : Número máximo de itens tipo  $i$  processados diariamente;

-Min\_dia  $i$ : Número mínimo de itens tipo  $i$  processados diariamente;

-QTDE\_max  $ji$ : Limite máximo de itens tipo  $i$  processados pelo processo  $j$ ;

-QTDE\_min  $ji$ : Limite mínimo de itens tipo  $i$  processados pelo processo  $j$ .

### **Variáveis**

-Disp  $Rt$ : Variável de disponibilidade de roupas  $R$  para ser processada no período  $t$ ;

-RD  $Rt$ : Variável de decisão de quantidade de roupa  $R$  processada por período  $t$ ;

-Custos  $t$ : Define os custos de processo para determinado período  $t$ ;

-Custos\_proc  $j$ : Define os custos do processo  $j$  para todo período analisado;

-X  $ij$ : Variável de decisão de quantidade de item tipo  $i$  processado pelo processo  $j$  no período  $t$ ;

-QTDE  $it$ : Define a quantidade de itens tipo  $i$  processado em determinado período  $t$ ;

-QTDE\_proc  $i$ : Define a quantidade total de item tipo  $i$  processado em todo período analisado;

-QTDE\_total  $t$ : Define a quantidade total de itens processados no período  $t$ ;

-P  $ijt$ : Variável binária de escolha de processo. Decisão de processar (P  $ijt$  =1) ou não processar (P  $ijt$  = 0) o item  $i$  no processo  $j$  no período  $t$ .

A seguir são apresentadas as restrições e função objetivo (1) do modelo.

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_t \text{Energia\_Custo}_{ji} * X_{ijt} + \sum_i \sum_j \sum_t \text{MOD\_Custo}_{ji} * X_{ijt} \quad (1)$$

Sujeito às restrições:

$$\sum_R RD_{Rt} = \sum_j \sum_i X_{ijt} \quad (2)$$

$$\text{Disp}_{Rt} = \text{Disp}_{R,t-1} - RD_{R,t-1} \geq RD_{Rt} \quad (3)$$

$$RD_{Rt} \leq \text{Disp}_{Rt} \quad (4)$$

$$\sum_R \text{Disp}_{R1} = \sum_i \sum_j \sum_t X_{ijt} \quad (5)$$

$$\sum_j \sum_t X_{ijt} \leq \text{Max\_dia}_i \quad (6)$$

$$\sum_j \sum_t X_{ijt} \geq \text{Min\_dia}_i \quad (7)$$

$$X_{ijt} \leq QTDE\_max_{ji} * P_{ijt} \quad (8)$$

$$X_{ijt} \geq QTDE\_min_{ji} * P_{ijt} \quad (9)$$

$$QTDE_{it} = \sum_j X_{ijt} \quad (10)$$

$$QTDE\_proc_i = \sum_t QTDE_{it} \quad (11)$$

$$QTDE\_total_t = \sum_i QTDE_{it} \quad (12)$$

$$\sum_i P_{ijt} = 1 \quad (13)$$

$$Custos_t = \sum_i \sum_j Energia\_Custo_{ji} * X_{ijt} + \sum_i \sum_j MOD\_Custo_{ji} * X_{ijt} \quad (14)$$

$$Custos\_proc_j = \sum_i \sum_t Energia\_Custo_{ji} * X_{ijt} + \sum_i \sum_t MOD\_Custo_{ji} * X_{ijt} \quad (15)$$

$RD \geq 0$ ;  $Disp \geq 0$ ;  $Custos_t \geq 0$ ;  $Custos\_proc_j \geq 0$ ;  $X_{ijt} \geq 0$ ;  $QTDE_{it} \geq 0$ ;  $QTDE\_proc_i \geq 0$ ;  $QTDE\_total_t \geq 0$ ;  $P_{ijt} \in \{0,1\}$ .

Como pode ser observado, a função objetivo, equação (1), tem como critério de otimização a minimização do somatório dos custos de energia e mão-de-obra. A restrição (2) diz respeito a compatibilidade entre a quantidade de roupa processada por período  $t$  e todas as peças processadas em todos os processos  $j$  neste período. A restrição (3) diz respeito à disponibilidade de peças para serem processadas. A restrição de balanço (4) impõe que a quantidade de roupa processada no período  $t$  seja menor ou igual a quantidade disponível para este período. A restrição de consumo total (5) garante que todas as peças disponíveis no início do primeiro período sejam processadas. Em (6) e (7) é garantido que as quantidades de cada tipo de peça  $i$  processada diariamente será menor que a capacidade máxima e superior a uma demanda mínima. As restrições (8) e (9) impedem que sejam processadas quantidades superiores a capacidade de cada equipamento  $j$  em processar  $i$  e que o equipamento tenha um mínimo de utilização. As restrições (10), (11) e (12) dizem respeito a quantidade de peças do tipo  $i$  processada no período  $t$ , a quantidade total de peças do tipo  $i$  processadas em todo período e o total de peças produzidas no período  $t$ , respectivamente. A restrição (13) assegura que a cada hora só será processada um tipo de roupa  $i$  no equipamento  $j$ . As restrições (14) e (15) definem os custos totais do período  $t$  e os custos do processo  $j$ .

O modelo proposto foi implementado e executado no *software* GAMS 24.7.4, utilizando um computador com sistema operacional Windows 10, processador Intel® Core i5-4200U 1.6GHz e com 6GB de memória RAM.

## 5. RESULTADOS

Os parâmetros de entrada para o modelo, como os custos da empresa com mão-de-obra e energia no setor de secagem, foram retirados de Oliveira (2013).

Para a definição da quantidade máxima e mínima processada por dia de cada peça i foi considerado o percentual de demanda diária de cada peça. A Tabela 3 apresenta a demanda para cada tipo de roupa.

Tabela 3- Percentual de Demanda diária de cada tipo de Roupa

Demanda de Produção Média por Modelo					
Calças	Jaquetas	Saias	Calça Social	Bermudas	Camisas
80%	2%	6%	1%	8%	3%

Fonte: Oliveira (2013)

Os resultados computacionais apresentam a distribuição dos lotes de produção no período analisado e demonstram que a limitação de atribuir apenas um lote de cada peça por máquina foi respeitada. As Tabelas 4 e 5 apresentam a distribuição das primeiras 8 horas de produção.

Tabela 4- Distribuição dos lotes de produção para as quatro primeiras horas

Peça	Equipamento	Período			
		h1	h2	h3	h4
calça	Secadora 1		115	115	
calça	Secadora 2	115	115	115	
calça	Secadora 3	115	115	115	
calça	Secadora 4	115	115	115	115
calça	Secadora 5	173	173	173	173
calça	Secadora 6	173		173	173
calça	Secadora 7	173	173		173
calça	Secadora 8	173	173	173	173
calça	Secadora 9	231	231	231	231
calça	Secadora 10	35	35	35	35
saia	Secadora 6		321		
saia	Secadora 7			321	
bermuda	Secadora 1	250			
bermuda	Secadora 2				250
bermuda	Secadora 3				250

<b>camisa</b>	Secadora 1	375
---------------	------------	-----

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Tabela 5- Distribuição dos lotes de produção para o período entre h5 e h8

Peça	Equipamento	Período			
		h5	h6	h7	h8
<b>calça</b>	Secadora 1			115	115
<b>calça</b>	Secadora 2	115	115	115	115
<b>calça</b>	Secadora 3	115	115	115	115
<b>calça</b>	Secadora 4		115		115
<b>calça</b>	Secadora 5	173	173	173	173
<b>calça</b>	Secadora 6	173	173	173	173
<b>calça</b>	Secadora 7	173	173	173	173
<b>calça</b>	Secadora 8	173	173	173	173
<b>calça</b>	Secadora 9	231	231	231	231
<b>calça</b>	Secadora 10				35
<b>jaqueta</b>	Secadora 10		35		
<b>saia</b>	Secadora 4	214			
<b>calça social</b>	Secadora 4			162	
<b>bermuda</b>	Secadora 1	250	250		
<b>camisa</b>	Secadora 10	113		113	

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

O modelo apresenta a distribuição dos lotes de forma que sejam utilizadas as capacidades máximas dos equipamentos, resultando em um melhor aproveitamento do equipamento. O valor da função objetivo encontrado para o modelo foi de R\$ 643,00.

A Tabela 6 ilustra os custos analisados associados a cada equipamento de secadora.

Tabela 6- Custos de processar nas Secadoras

Custo de Processar na Secadora j (R\$)	
<b>Secadora 1</b>	69,043
<b>Secadora 2</b>	68,873
<b>Secadora 3</b>	68,985
<b>Secadora 4</b>	68,670

<b>Secadora 5</b>	61,398
<b>Secadora 6</b>	61,136
<b>Secadora 7</b>	61,418
<b>Secadora 8</b>	61,267
<b>Secadora 9</b>	60,152
<b>Secadora 10</b>	62,064

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Os resultados da Tabela 6 demonstram que aqueles equipamentos com maior capacidade de peças por ciclo apresentam um menor custo de processamento.

Na Tabela 7 são apresentados os resultados para as quantidades de produção de cada tipo de peça para todo o período analisado e feito uma comparação com os dados encontrados da lavanderia.

Tabela 7- Produção de Peças para um Dia

<b>Tipo de Peça</b>	<b>Produção para um Dia-Modelo (Peça)</b>	<b>Produção de um Dia-Lavanderia (Peça)</b>
<b>Calça</b>	26333	12000
<b>Jaqueta</b>	645	300
<b>Saia</b>	1968	900
<b>Calça Social</b>	329	150
<b>Bermuda</b>	2625	1200
<b>Camisa</b>	976	450
<b>Gastos com Energia e Mão-de-Obra no setor de Secagem</b>	R\$ 643,00	R\$ 529,22
<b>Total de peças</b>	32876	15000

Fonte: Elaborado pelos autores (2017)

Esses valores demonstram que a empresa poderia utilizar uma carga maior em seus equipamentos, fazendo um melhor uso deles. Para esta comparação foi calculado uma média diária de produção da empresa, já que os valores correspondiam a um período mensal. Observando os gastos do setor e seu volume de produção, é possível perceber que, conforme a produção da lavanderia, ela apresentaria um custo muito superior ao encontrado para a mesma quantidade de produção dada pelo modelo.

## 6. CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo desenvolver um modelo matemático para um problema integrado de dimensionamento e sequenciamento de lotes de produção para um caso de lavanderia têxtil. Para os testes do modelo proposto foram utilizados dados retirados do estudo de Oliveira (2013) e implementado e resolvido no software GAMS.

Os resultados computacionais do modelo demonstram que ele é capaz de encontrar uma solução viável para o problema respeitando todas as restrições impostas, distribuindo os lotes de produção de forma a minimizar os custos com a melhor utilização dos equipamentos. Porém, ainda faltam mais testes para a comparação dos dados obtidos com o praticado pela lavanderia em estudo.

Outros estudos para a continuação desta pesquisa serão realizados considerando os demais processos da lavanderia e também outros custos relacionados a produção, buscando resultados que representem a realidade do problema e que permita a sua aplicação prática, auxiliando, assim, as decisões do PCP.

## 7. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio do CNPq para a realização deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

- ABIT. O poder da moda- Cenários, Desafios, Perspectivas. Agenda de Competitividade da Indústria Têxtil e de Confeção Brasileira 2015 a 2018. São Paulo: Associação Brasileira da Indústria Têxtil, 2015.
- ANDRADE, E. L. Introdução à Pesquisa Operacional: Métodos e Modelos para a Análise de Decisão. 2a Edição. Rio de Janeiro: Editora LTC, 1998.
- ARENALES, M.N.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. Pesquisa Operacional- Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.
- ARENALES, M.N.; ARMENTANO, V.; MORABITO, R.; YANASSE, H. Pesquisa Operacional- Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- COSTA, A. C. R. D.; ROCHA, È. R. P. DA. Panorama da cadeia produtiva têxtil e de confecções e a questão da inovação. BNDES Setorial, v. 29, p. 159–202, 2009.
- FERNANDES, F.C.F., GODINHO FILHO, M. Planejamento e Controle da Produção: dos fundamentos ao essencial. São Paulo: Atlas, 2010.
- FILIPPI, C.; MANSINI, R.; STEVANATO, E. Mixed integer linear programming models for optimal crop selection. Computers and Operations Research, v. 81, p. 26–39, 2016.
- GOMES, G. et al. Indústria têxtil de Santa Catarina e sua capacidade inovadora: estudo sob a perspectiva da eficiência, eficácia, custos e melhoria de processos. RAI – Revista de Administração e Inovação, v. 11, p. 273–294, 2014.
- GÜÇDEMİR, H.; SELİM, H. Customer centric production planning and control in job shops: A simulation optimization approach. Journal of Manufacturing Systems, v. 43, n. Part 1, p. 100–116, 2017.
- HASANBEIGI, A.; PRICE, L. A technical review of emerging technologies for energy and water efficiency and pollution reduction in the textile industry. Journal of Cleaner Production journal, v. 95, p. 30-44, 2015.
- KARIMI, B.; FATEMI GHOMI, S. M. T.; WILSON, J. M. The capacitated lot sizing problem: a review of models and algorithms. Omega, v. 31, p. 365–378, 2003.
- KERSTING, K.; MLADENOV, M.; TOKMAKOV, P. Relational linear programming. Artificial Intelligence, v. 244, p. 188–216, 2017.
- MARTINS, Petrônio G.; LAUGENI, Fernando P. Administração da produção. São Paulo: Saraiva, 2001.
- MOREIRA, D. Administração da Produção e Operações. 5a Edição, São Paulo: Pioneira, 2000.
- OLIVEIRA, E. A. DE. Otimização de Processos em Indústria Têxtil. 2013. 143 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Departamento de Engenharia Química, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2013.

PAGLIARUSSI, M. S. Contribuições para a otimização da programação da produção de bebidas a base de frutas. 2013. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)- Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

PASQUALINI, F., LOPES, A. O., SIEDENBERG, D. Gestão da Produção. Ijuí: Editora Unijuí. 2010.

SLACK, N., CHAMBERS, S., JHONSTON, R. Administração da Produção. 2a Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

TUBINO, D. F. Manual de Planejamento e Controle da Produção. 2a Edição. São Paulo: Editora Atlas, 2000.

# Capítulo 8



10.37423/210804655

## INTERAÇÃO ENTRE ALUNOS DO ENSINO MÉDIO E DAS ENGENHARIAS ATRAVÉS DO ATEC

*Maria Marta Ribeiro da Costa*

*Centro Universitário Una*

*Lucas Silvestre Chaves*

*Centro Universitário Una*

*Daniel Martins Papini Mota*

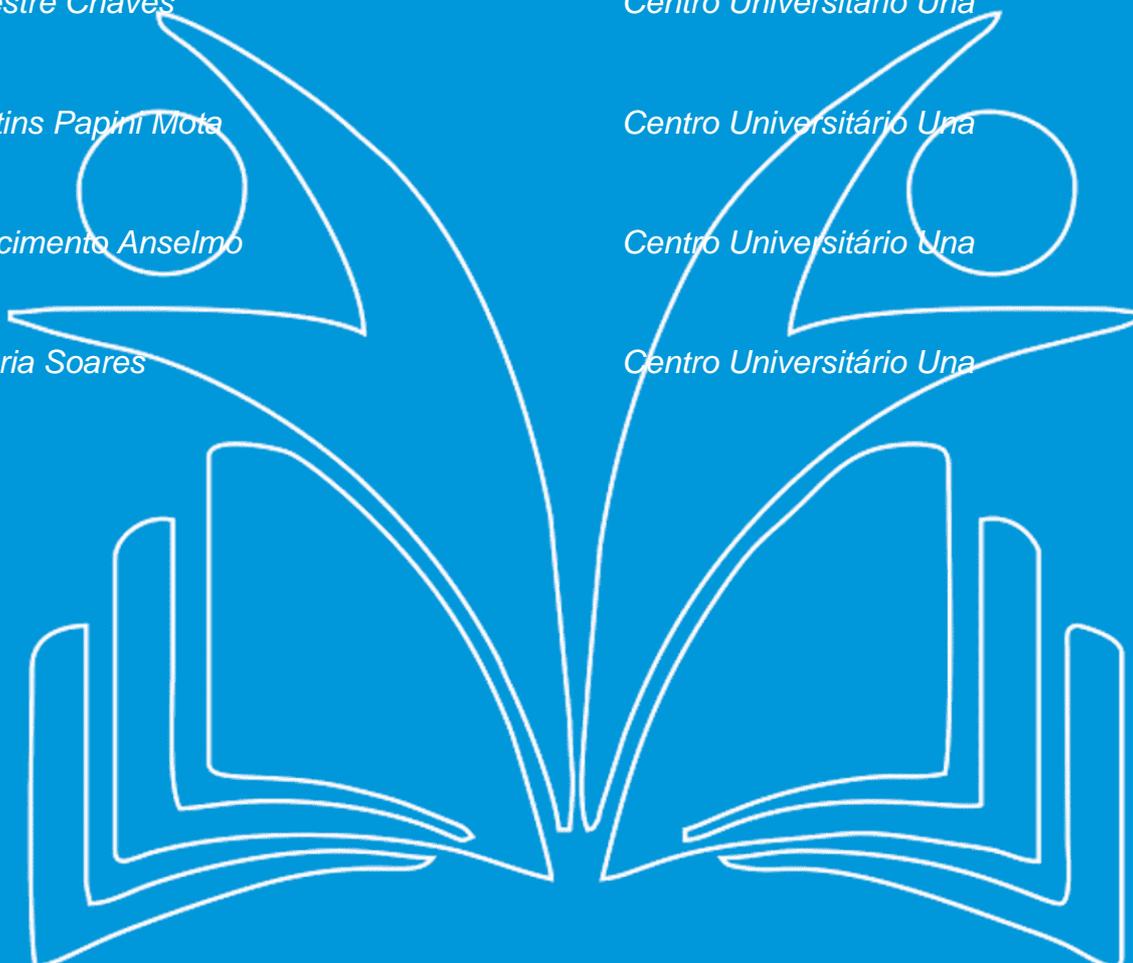
*Centro Universitário Una*

*Dayse Nascimento Anselmo*

*Centro Universitário Una*

*Patricia Maria Soares*

*Centro Universitário Una*



**Resumo:** *A carência de aulas práticas ou a subutilização dos laboratórios de ciências nas escolas de ensino médio constituem fatores limitadores para o desenvolvimento global dos alunos. Assim, a apresentação de artefatos tecnológicos nas escolas amplia o conhecimento científico e o poder de análise dos alunos envolvidos. O projeto de extensão ATEC, desenvolvido na Faculdade Una Contagem, busca promover eventos interativos de forma a minimizar a distância entre os conteúdos tratados em sala de aula e aqueles presentes nas peças do acervo. A metodologia proposta, em cada evento, consiste em visitas itinerantes, por meio de exposições interativas. Uma equipe do projeto acompanha a exposição, auxiliando os estudantes de ensino médio na percepção da ciência presente em cada peça do acervo. Como resultado desse projeto destacam-se a melhoria da capacidade de trabalhar em equipe e o aumento do interesse pela experimentação científica. O objetivo desse artigo é mostrar os resultados positivos obtidos através da troca de experiência entre os alunos do ensino médio e os alunos das engenharias. Tais observações foram reforçadas através das respostas aos questionamentos feitos aos alunos participantes do projeto, dos diversos ramos da engenharia.*

**Palavras-chave:** *Artefatos tecnológicos. Experimentação. Interação. Aprendizado.*

## 1 INTRODUÇÃO

Com a rápida evolução tecnológica, o mundo em que vivemos tem sido marcado por uma presença expressiva de dispositivos que realizam ações de forma completamente autônoma. Ao olharmos à nossa volta nos damos conta de quão presente é a tecnologia e a automação em nossas vidas e como essa presença afeta a todos, nas diferentes classes sociais, de forma direta ou indireta, nos espaços privados ou públicos.

Entende-se que o professor é o facilitador responsável pelo aprendizado em uma sala de aula. Porém o conhecimento científico não deve ser entendido por ele como algo desconectado. As disciplinas que compõem um bom currículo têm certamente objetivos sociais, econômicos e políticos, que são situações presentes no dia a dia do aluno. O uso de atividades práticas durante o ano letivo é visto como uma possível solução para que as disciplinas do ensino médio possam ser trabalhadas de forma interdisciplinar, além de contribuir para o direcionamento de uma educação científica com aplicabilidade (BARTZIK *et al*, 2016). Contudo, a interação entre as disciplinas do ensino médio, tais como física, química, matemática e biologia, não é uma tarefa muito simples (TEXEIRA, 2000).

Do projeto de extensão Artefatos Tecnológicos para Estudo das Ciências (ATEC), participam alunos de diferentes cursos de engenharia como elétrica, civil, mecânica e produção, unidos na adaptação de certos artefatos tecnológicos, de forma a facilitar a compreensão de seu funcionamento a partir dos modelos e teorias produzidos pelas ciências exatas. Esses artefatos são apresentados por meio de experimentos que estimulam a curiosidade e senso crítico dos alunos do ensino médio frente a novas tecnologias. Neste contexto, o projeto foi idealizado.

O objetivo deste artigo é mostrar como é possível motivar alunos do ensino médio, oferecendo aos estudantes uma melhor compreensão do funcionamento de certos artefatos tecnológicos presentes no cotidiano, de forma interativa, bem como ajudá-los a perceber as ciências exatas como um conjunto de saberes socialmente construídos que os ajudam a compreender o mundo. A escola exerce um papel de extrema importância no sentido de inserir as novas gerações no mercado de trabalho e na vida social (GRACIANI, 2015), fato que reforça a importância da proposta de projetos de extensão, em cursos de graduação.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Através dos conceitos de fundamento da educação baseados no Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional Sobre Educação para o Século XXI, propõe-se uma educação direcionada para os quatro

pilares fundamentais da educação: **aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver com os outros e aprender a ser** (DELORS *et al*, 2012).

A tendência para prolongar a escolaridade e o tempo livre deveria levar os adultos a apreciar, cada vez mais, as alegrias do conhecimento e da pesquisa individual. O aumento dos saberes, que permite compreender melhor o ambiente sob os seus diversos aspectos, favorece o despertar da curiosidade intelectual, estimula o sentido crítico e permite compreender o real, mediante a aquisição de autonomia na capacidade de discernir. Deste ponto de vista, há que repeti-lo, é essencial que cada criança, esteja onde estiver, possa ter acesso, de forma adequada, às metodologias científicas de modo a tornar-se para toda a vida “amiga da ciência” (DELORS *et al*, 2012 p. 91).

Todos os seres humanos possuem diversos saberes potenciais a serem desenvolvidos, assim, o convívio em sala de aula, aliado a projetos de extensão, permitem, através da troca de experiências e estudo em equipe, desenvolver esses saberes nos alunos, baseados nos quatro pilares fundamentais da educação (ITURRA, 2009).

A versão atual da Base Nacional Comum Curricular, BNCC, homologada em dezembro de 2017, reforça a importância da conexão entre os saberes apreendidos na escola e a vida real, na medida em que a estabelece, entre as competências gerais da educação básica (BRASIL, 1996). O professor não deve considerar sua disciplina apenas como assunto a ser transmitido aos alunos em sala de aula, mas como uma possibilidade de levar os alunos à capacidade de observação e de reflexão crítica.

Ao interdisciplinar e experimentar, o aluno tem a oportunidade de ter um auxílio no processo de uma educação contextualizada. O aluno passa a ser o centro deste processo, com conexões que ele precisa fazer para efetivar a aprendizagem (MORÁN, 2015). O estímulo à capacidade de análise e síntese do aluno frente a temas tratados nas disciplinas por ele cursadas amplia sua capacidade de se desenvolver para o mercado de trabalho. Atividades práticas incentiva a curiosidade e criatividade tão comuns aos alunos do ensino médio, estimulando o pensamento científico e inovador através do debate e experimentação (GOUVEIA, 2017) (SANTIAGO *et al*, 2016).

Barbosa (2016), diz que a falta de laboratórios nas escolas, faz com que os alunos tenham uma deficiência no ensino e aprendizagem. Barbosa (2016) ainda comenta que a falta de conexão entre o conhecimento científico e o cotidiano, resulta no desinteresse do aluno, criando um ciclo ininterrupto: a falta de motivação advém da não aprendizagem, e a não aprendizagem advém da falta de motivação.

O contato dos alunos com artefatos tecnológicos oferece aos mesmos práticas educativas relevantes e um progresso científico e tecnológico, pois contribui com a descoberta de novas potencialidades que possam contribuir para o desenvolvimento e aprendizado do aluno (SANTIAGO *et al*, 2016).

## 3 METODOLOGIA

Sistemas automatizados e artefatos que envolvem temas científicos estão presentes em vários ambientes, públicos ou privados, inclusive em ambientes escolares. Se apropriar do conhecimento de como tais dispositivos funcionam e conhecer as aplicações existentes fomenta a curiosidade e o debate entre os estudantes. Assim, o projeto busca motivar a interação entre os estudantes, ampliando o interesse pela pesquisa e empreendedorismo.

Por acreditar que, somente, aqueles que dominam saberes e tecnologias têm condições de aplicá-los no mundo em que vivem, para influenciar positivamente as pessoas e para encontrar soluções para os problemas enfrentados pela sociedade, este projeto busca levar aos estudantes de ensino médio os saberes desenvolvidos nas disciplinas ministradas nos cursos de engenharia.

As visitas nas escolas, públicas ou privadas, ocorrem durante um dia letivo. A cada hora/aula duas a três turmas são atendidas, permitindo assim maior interação e manipulação dos artefatos por parte dos alunos. Assim, ocorrem debates sobre as diversas etapas de funcionamento de cada artefato. Os alunos dos diversos cursos de engenharia, participantes do projeto, acompanham as visitas às peças do acervo. Durante o evento, os alunos visitantes do ensino médio são estimulados a expor sua visão inicial, manipular os artefatos e, por fim, complementar suas conclusões finais.

Com objetivo de avaliar qualitativamente o aproveitamento dos alunos do ensino médio, após a visita, seus professores propõem a elaboração de um relatório contendo a percepção que eles tiveram sobre os temas tratados no acervo. Por fim, são realizados debates, em sala de aula, permitindo a troca de experiência entre os alunos, bem como a ampliação da capacidade de observação e de reflexão crítica dos mesmos.

Os eventos são previamente agendados pela coordenadora do projeto, de acordo com a disponibilidade pedagógica da escola atendida. Durante o agendamento, são apresentadas aos diretores das escolas de ensino médio a justificativa, o escopo do projeto, os objetivos e a dinâmica do evento. Após a aprovação das escolas convidadas, ocorre, efetivamente, o agendamento dos eventos. Em média, cinco escolas são atendidas em cada semestre letivo.

A equipe de alunos participantes do projeto possui em média 23 alunos, o que possibilita trocas de experiências entre os diversos temas da engenharia. A cada início de semestre letivo há um novo cadastro, permitindo que um maior número de alunos da graduação participe dos estudos e eventos. A presença e participação dos veteranos facilita a integração dos novatos, em cada semestre, o que

permite a discussão de novas ideias e fomenta a pesquisa. Cada artefato é acompanhado por um número máximo de três alunos. Desta forma, há um rodízio entre os alunos, permitindo a participação de todos em um ou mais eventos.

A cada quinze dias são realizadas reuniões com objetivos de: dar manutenção nos artefatos; possibilitar a integração entre os alunos veteranos e novatos e permitir que os alunos novatos se apropriem dos temas, a fim de adquirir habilidades necessárias para compor a equipe.

Durante as reuniões de estudos, ocorre troca de conhecimentos e experiência entre os alunos participante, uma vez que a equipe é composta por alunos das engenharias Civil, Elétrica, Mecânica e Produção. Esta troca de experiência prepara nossos alunos para o trabalho interdisciplinar tão valorizado no mercado de trabalho.

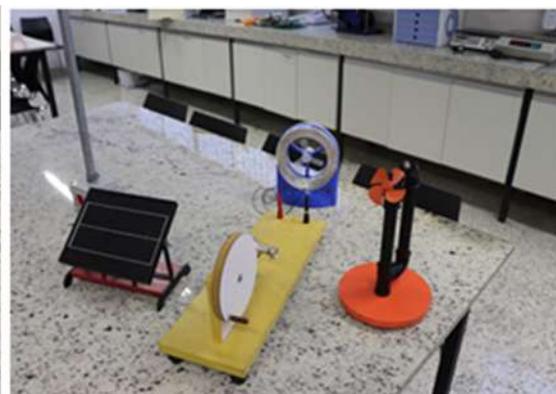
O acervo do projeto é reunido em cinco grandes temas. A Figura 1 refere-se a circuitos elétricos (aplicados às instalações prediais e residenciais) e a Figura 2 apresenta os artefatos que abordam o tema de indução eletromagnética (aplicada à geração de energias renováveis).

Figura 1- Circuito em série e em paralelo.



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Figura 2 - Indução eletromagnética



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Na Figura 3, os artefatos focam o tema da comunicação através de ondas eletromagnéticas (aplicadas à transmissão de rádio, TV, internet ou comunicação remota). A Figura 4 apresenta uma aplicação de um relé fotoelétrico (aplicado ao controle da iluminação pública).

Figura 3 - Aplicação: Ondas eletromagnéticas.



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Figura 4 - LDR aplicado na iluminação pública.



Fonte: Próprios Autores, 2019.

A Figura 5 apresenta uma aplicação de sistemas embarcados (onde a torneira inteligente visa o uso racional dos recursos naturais, através do uso da informática). A Figura 6 mostra a interação entre os alunos, durante um evento. Tais interações fomentam o debate entre os alunos do ensino médio e da graduação sobre as aplicações tecnológicas dos artefatos.

Figura 5 - Torneira inteligente.



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Figura 6 - Interação entre os alunos durante um evento.



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Por fim, a Figura 7 apresenta um dos banners que compõe o acervo. Todos os banners contextualizam os temas, apresentando, inicialmente, os conceitos dos fenômenos naturais envolvidos nos artefatos (com as respectivas imagens ilustrativas). Logo após, são apresentadas explicações técnicas do funcionamento e ilustração. Tais banners esclarecem as aplicações tecnológicas dos fenômenos e auxiliam na compreensão dos conteúdos tratados.

Figura 7 - Exemplo de um dos banners que compõe o acervo.

## Indução Eletromagnética



A Indução Eletromagnética consiste na geração de corrente elétrica induzida a partir da variação do fluxo magnético que atravessa uma espira. A geração de energia elétrica a partir da ação do vento (Energia Eólica) ou da água (Energia Hidroelétrica) são duas das aplicações deste fenômeno.

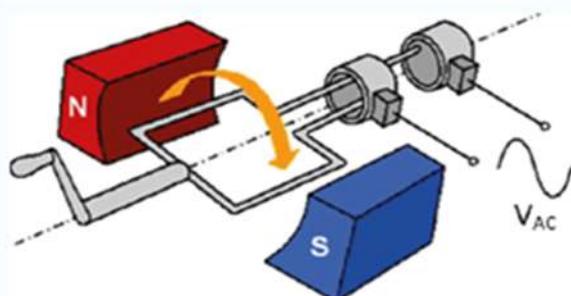
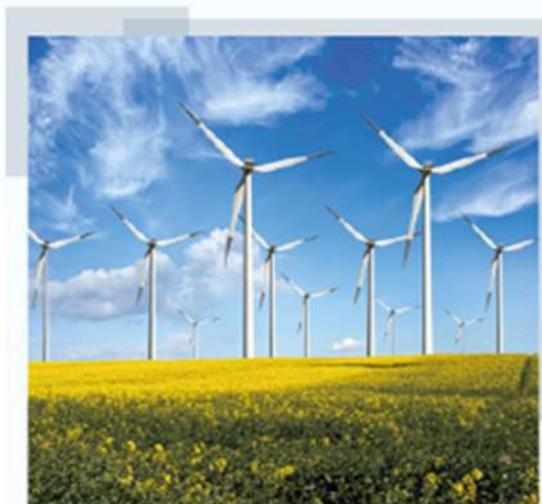


Figura – Gerador de Tensão Alternada ( $V_{AC}$ )

A figura mostra a geração da corrente induzida onde a fonte de energia pode ser a força do vento ou a água. No circuito, as linhas de indução do campo magnético fluem do pólo norte para o pólo sul do ímã. Imerso neste campo magnético se encontra uma espira que varia seu ângulo de inclinação dentro do campo a partir da força do vento ou da água. Desta forma, a variação do fluxo magnético que passa pelo interior da espira gera uma força eletromotriz induzida que por sua vez gera uma corrente induzida alternada.



PROJETO DE EXTENSÃO  
A.T.E.C.

una  
CONTAGEM

Fonte: Próprios Autores, 2019.

## 4 RESULTADOS

Os resultados obtidos pelo projeto ATEC apontam um reforço no processo formativo dos alunos das engenharias nos seguintes aspectos: melhoria da capacidade de trabalhar em equipe; aumento da sensação de pertencimento com a instituição; melhoria da capacidade de falar em público e ampliação do rendimento dos alunos nas disciplinas relacionadas aos temas analisados, tais como: Física Mecânica, Física Eletromagnetismo, Química e Cálculo.

A participação dos alunos do ensino médio nos eventos do projeto potencializa: o interesse pela verificação na prática de temas estudados na sala de aula; a busca do conhecimento científico e o interesse pela pesquisa e experimentação.

Em geral, o projeto reforça a necessidade do consumo racional dos recursos naturais, reforçando a consciência ecológica e cidadã dos estudantes.

Nos últimos quatro anos de vigência, diferentes espaços, públicos e privados, foram atendidos pelo projeto tais como: escolas de ensino médio e eventos abertos à comunidade escolar. Nos eventos participaram 98 alunos, em sistema de rodízio, das diversas áreas e módulos dos cursos de engenharia. Foram atendidas 26 escolas e vários eventos abertos a comunidade acadêmica. O público atendido chegou a, aproximadamente, 32.000 pessoas.

Os depoimentos de quatro alunos, um de cada área da engenharia, participantes do projeto foram divididos em dois blocos, com questionamentos distintos.

No primeiro bloco foi perguntado a dois alunos que já cursaram a metade do curso de engenharia: Como você avalia a contribuição do projeto ATEC na sua vida acadêmica e na vida escolar dos alunos do ensino médio, das escolas visitadas?

A essa pergunta, o aluno D. B. S. R., graduando de Engenharia Mecânica, relata que: “O projeto ATEC é de extrema importância para somar à formação dos participantes, pois uma das melhores formas de se aprender é ensinando, e o projeto proporciona diversos momentos, nos quais o participante deve ser criativo e dinâmico para dialogar com alunos das escolas visitadas. É um projeto de interação muito interessante, pois traz aos alunos de escolas de ensino médio, através de experimentos científicos, o interesse maior dos alunos a conhecer mais e estudar mais a área de exatas. O projeto também soma à formação dos graduandos, pois incentiva a criação de novos experimentos, assim aguçando a criatividade e vontade de fazer sempre algo novo. Os graduandos em engenharia, hoje trabalham em equipes, de forma que, a todo novo semestre, idealizam novos experimentos para serem

apresentados nas escolas. É um projeto completo, em que todos os graduandos participantes trabalham a criatividade, responsabilidade e comunicação, além de estar sempre aprendendo sobre assuntos que não fazem parte de sua formação. A variedade de graduandos de cursos diferentes proporciona sempre novas experiências a todos os envolvidos no projeto”.

Como resposta a esse primeiro questionamento, o aluno G. M. P. N, graduando de Engenharia Civil, nos conta que: “Para avaliar a contribuição do projeto ATEC é necessário raciocinar como um estudante do ensino médio no Brasil. Durante a trajetória escolar o estudante tem contato direto com a teoria de disciplinas como a Física, Química e Matemática, porém, é reconhecido que, nas escolas, a utilização da prática desses conteúdos é mínima, aproveitadas em apenas trabalhos e algumas atividades extracurriculares. Para mim, o projeto realçou, justamente, esse problema. Durante o 3º ano do ensino médio eu tive a oportunidade de participar de uma mostra desse projeto na escola onde eu estudava. Numa época em que as atividades eram totalmente voltadas para a teoria, esse projeto mostrou que a prática dessas disciplinas é, também, muito divertida e, em alguns casos, mais interessante do que se aprender em sala de aula. Esse projeto me fez perceber que não era o único que deveria descobrir a interatividade com os conteúdos de ciências exatas. Portanto, na faculdade, fiquei muito feliz em poder participar e compartilhar esse conhecimento e interesse com alunos do ensino médio das escolas da minha cidade. É claro que ainda falta uma certa lapidação de ideias, mas em geral, foi o que me interessou nesse projeto”.

No segundo bloco foi perguntado a dois alunos formandos, ex-participantes do projeto, que já têm experiência profissional: Como sua participação no projeto ATEC pode ter influenciado nas suas habilidades e competências acadêmicas e profissionais?

A essa pergunta, a aluna G. L. F. graduada em Engenharia Elétrica, relata que: “Participar deste projeto me permitiu manter um contato maior com diversos conceitos da física na prática, facilitando assim a compreensão das teorias e definições estudadas em sala de aula. Tendo também a oportunidade de repassar este conhecimento à estudantes do ensino médio, responder questionamentos e dialogar sobre diferentes assuntos. Me foi permitido ampliar ainda mais o aprendizado adquirido, além da melhoria de diversas competências comportamentais necessárias, não somente na vida acadêmica, mas também na vida profissional, como relacionamento interpessoal, comprometimento, organização e, principalmente, comunicação”.

O aluno R. L. C. R, graduando de Engenharia de Produção, nos conta que: “Ao participar deste projeto, foi possível conviver diretamente com os conceitos da física apresentados dentro da sala de aula,

possibilitando um maior aprendizado e compreensão da mesma. Também foi possível demonstrá-la de forma prática aos estudantes do ensino médio que participavam das nossas apresentações, que, através de pergunta e questionamentos, compreendiam e também apreendiam aquele conceito ensinado. Todo esse aprendizado me proporcionou a desenvolver competências cruciais, não apenas para questões do âmbito acadêmico, mas também profissionais e pessoais, como a responsabilidade, o comprometimento, o trabalho em equipe, o relacionamento interpessoal, a capacidade de falar em público em qualquer ambiente, e o mais importante, a habilidade em apresentar os conceitos com termos técnicos”.

## 5 CONCLUSÕES

A estratégia utilizada pelo projeto ATEC demonstrou-se eficaz ao estimular o trabalho em equipe, incentivar a criatividade e iniciativa dos alunos e principalmente, aumentar a visão crítica dos participantes em relação aos temas tratados. Elevando os laços de amizade e parceria entre os estudantes, acreditamos que o projeto contribuiu para o crescimento acadêmico e pessoal de toda a equipe.

Nos eventos, os alunos participantes do projeto têm a oportunidade de compartilhar com seus colegas e com os alunos do ensino médio os conhecimentos obtidos nas diversas disciplinas da graduação. Já os alunos do ensino médio buscam consolidar e ampliar seus conhecimentos teóricos envolvidos nos experimentos.

O objetivo do projeto foi alcançado ao mostrar os resultados positivos obtidos através da troca de experiência entre os alunos do ensino médio e os alunos das engenharias. Tais observações foram reforçadas através das respostas aos questionamentos (relatos descritos anteriormente) feitos aos alunos participantes do projeto, dos diversos ramos da engenharia.

Como o resultado desse projeto destaca-se o aumento do interesse pela experimentação científica. Para motivar a aplicação desse modelo de projeto de forma a oportunizar um maior número de alunos, propomos a replicação desse modelo por outros professores, para que mais alunos do ensino médio e da graduação possam usufruir dos diversos benefícios proporcionados pelo projeto, em prol de uma educação mais democrática e atraente para o nosso país.

## 6 REFERÊNCIAS

- BARBOSA, Walterni, R.; SETE, Douglas, G.; SOUSA, Tayza C. S. JENPEX 2017 – IFMT: a falta de laboratórios de química e professores licenciados no ensino médio das escolas públicas de Poxoréu-MT. In: Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão, 2017, Primavera do Leste. Anais. Mato Grosso, 2018.
- BARTZIK, F.; ZANDER, L. D.; A Importância das aulas práticas de ciências no ensino fundamental. Revista Arquivo Brasileiro de Educação. PUC Minas. v.4, n. 8, mai-ago, 2016.
- BRASIL, Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Lei número 9.394, de 20 de dezembro de 1996.
- DELORS, Jacques et al. Educação um tesouro a descobrir – Relatório para a Unesco da Comissão Internacional sobre Educação para o Século XXI. Editora Cortez, 7ª edição, 2012.
- GOUVEIA, Raimundo Valcemir Sabóia. As Atividades Práticas e Experimentais no Ensino de Ciências da Natureza no Ensino Médio em uma Escola Estadual do Amazonas. 92 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Educação/CAEd, Universidade Federal de Juiz de Fora, Programa de Pós-Graduação em Gestão e Avaliação da Educação Pública, Juiz de Fora, 2017.
- GRACINI, Graciela Dantas. A função social da escola pública brasileira: um estudo exploratório. 191 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.
- ITURRA, Raul. O Processo Educativo: Ensino ou Aprendizagem. Departamento de Antropologia Social do Instituto Superior de Ciências do Trabalho e da Empresa (ISCTE) Texto revisto por Irene Cortesão Costa. 2009.
- MORÁN, J. Mudando a educação com metodologias ativas. Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens, São Paulo, v. 2, p. 15-33, 2015.
- SANTIAGO, L.B.M.; VASCONCELOS, K.C., SANTANA J.R. O Uso dos Artefatos Tecnológicos Virtuais e Digitais na Escola. ARTEFACTUM – REVISTA DE ESTUDOS EM LINGUAGEM E TECNOLOGIA ANO VIII – n. 2. 2016.
- TEIXEIRA, Paulo Marcelo Marini, Ensino de biologia e cidadania: O técnico e o político na formação docente. 315 f. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho / Campus de Bauru, 2000.

# Capítulo 9



10.37423/210804672

## DESENVOLVIMENTO DE MANIPULAÇÃO DE OBJETOS GEOGRÁFICOS DELIMITADORES DE ÁREA DE MUNICÍPIOS EM UM SISTEMA DE INFORMAÇÕES AMBIENTAL

*Vania Elisabete Schneider*

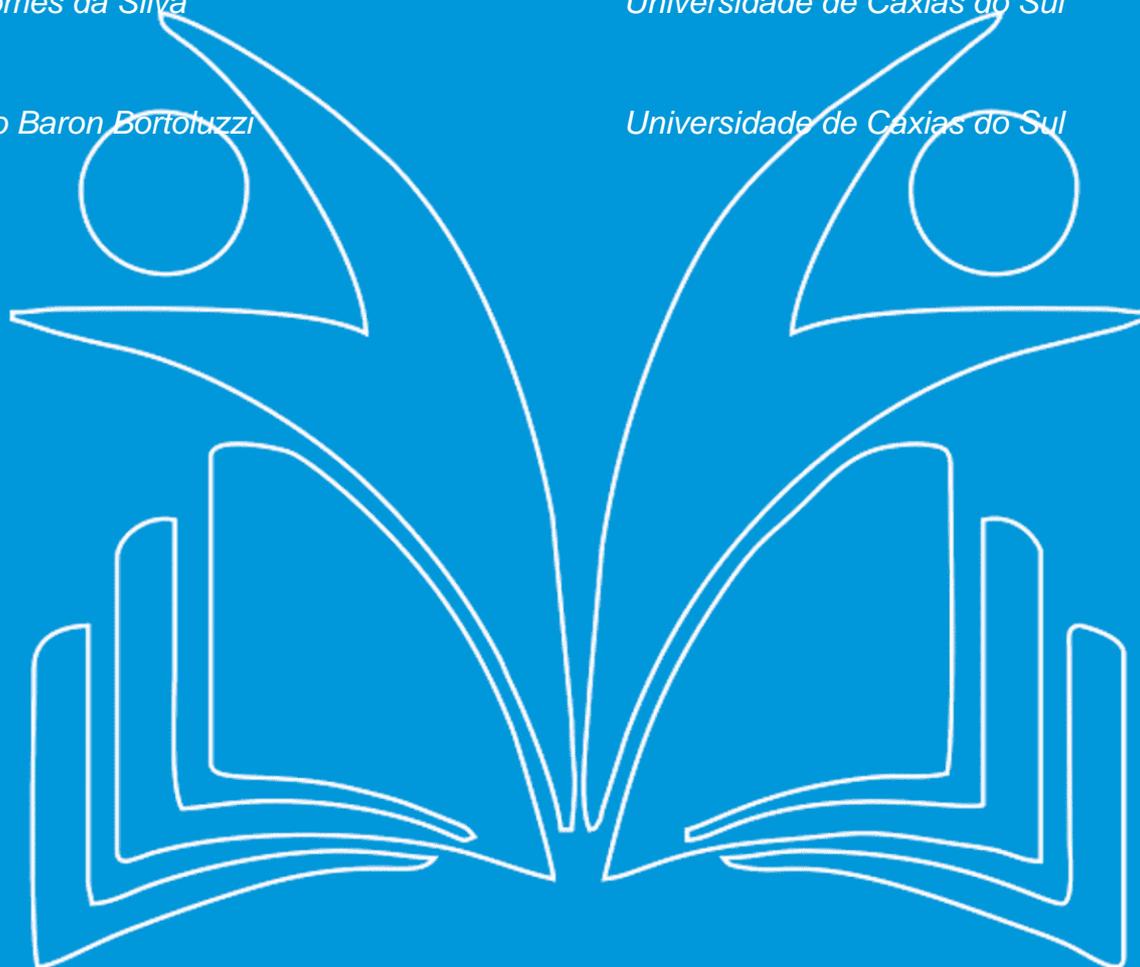
*Universidade de Caxias do Sul – Instituto de  
Saneamento Ambiental*

*Adriano Gomes da Silva*

*Universidade de Caxias do Sul*

*Luiz Afonso Baron Bortoluzzi*

*Universidade de Caxias do Sul*



**Resumo:** Sistemas de Informações, em conjunto com dados temporais organizados em Data Warehouses, são amplamente utilizados no apoio à tomada de decisão. O Sistema de Informação Ambiental - SIA foi desenvolvido para armazenar e fornecer indicadores utilizando informações de monitoramentos realizados por empreendimentos hidrelétricos instalados na bacia hidrográfica Taquari-Antas e possui diferentes funcionalidades com vistas a exploração de informações de modo sintetizado para o fornecimento de indicadores para os gestores envolvidos com o projeto. Utilizando conceitos de Data Warehouse como agregação de diferentes informações e visualização de dados por meio de um webmapa, este trabalho aborda o desenvolvimento de uma funcionalidade de inserção e manipulação de objetos geográficos delimitadores de área de municípios e sua disponibilização no webmapa do SIA. Com a implementação dessa ferramenta, além da visualização no webmapa, possibilitou-se relacionar os municípios aos demais objetos geográficos contidos no SIA, além de permitir a consulta a informações específicas ao limitador.

**Palavras-chave:** Gestão Ambiental, Sistema de Informação Ambiental, Manipulação de objetos geográficos, Sistema de Informações Geográficas, Data Warehouse.

## 1. INTRODUÇÃO

Sistemas de Informações possuem uma amplitude de aplicações provenientes da exploração dos dados disponibilizados através deles por meio de funcionalidades (COLAÇO JÚNIOR, 2004; SILVA, 2009). Uma destas possíveis aplicações é como um sistema de apoio à decisão (SAD), definida por ser um ambiente projetado ao apoio e contribuição no processo de tomada de decisão (COLAÇO JÚNIOR, 2004; POWER, 2008). Como ferramenta utilizada pelos SAD para armazenamento dos dados que os caracterizam como um sistema de informação estão Data Warehouses (DW), definido com o intuito de servir para aplicações de apoio à decisão por utilizar coleções de dados integrados, orientados a assuntos, de variação temporal e sem volatilidade e permitir a aplicação de análises com diferentes níveis de detalhamento sobre os tópicos dispostos neles, aplicando técnicas específicas de DW (ELMASRI, NAVATHE, 2018).

O projeto Sistema de Informação Ambiental (SIA), desenvolvido pelo Instituto de Saneamento Ambiental da Universidade de Caxias do Sul em conjunto com empreendimentos hidrelétricos instalados no âmbito da bacia hidrográfica Taquari-Antas, possui o intuito de fornecer acesso e controle aos dados pertinentes à qualidade de água por meio da inserção de dados provenientes de monitoramentos realizados pelos empreendimentos hidrelétricos, acesso a relatórios e gráficos e visualização de informações (CARRA, SCHNEIDER, 2015). Além da temática qualidade de água, o SIA contém as temáticas clima e fauna, cujos dados provém de coletas realizadas pelos empreendimentos, dispostos em um DW.

Entre as funcionalidades empregadas para a visualização dos dados presentes no sistema está um webmapa que permite a manipulação de objetos geográficos, como pontos, limites e polígonos, dados estes presentes no DW do SIA. A utilização destas informações geográficas pode caracterizar o SIA não somente como um SAD, mas também como um Sistema de Informações Geográficas (SIG), por fornecer o armazenamento e a manipulação de dados georreferenciados (CÂMARA, QUEIROZ, 2001). Através dos dados disponíveis neste módulo do sistema é gerada a exibição de limites de sub bacias, por exemplo, mediante seleção em um menu interativo. Esta fornece um meio de agregar informações pertinentes a outros pontos e coletas realizadas contidos nestes delimitadores geográficos e sua disponibilização em páginas específicas, fornecendo indicadores para o apoio à tomada de decisão.

Com vistas ao acesso à informação e o apoio à tomada de decisão na gestão ambiental, este trabalho implementou a manipulação de objetos geográficos delimitadores de área de municípios presentes na área da bacia hidrográfica Taquari-Antas no webmapa do SIA, bem como uma página modelo para

cada município a ser selecionado contendo informações relacionadas aos pontos contidos dentro do delimitador.

## 2. METODOLOGIA UTILIZADA

O SIA utiliza a subdivisão de sistema em três camadas: banco de dados, servidor e cliente (SOMMERVILLE, 2011). Para o desenvolvimento desta ferramenta foram utilizadas algumas das tecnologias empregadas em cada camada. Na camada do banco de dados o Sistema Gerenciador de Banco de Dados PostgreSQL (POSTGRESQL, 2018) e sua extensão PostGIS (POSTGIS, 2018), voltada para a manipulação de objetos geográficos, foram empregados para a execução das consultas aos dados e tratamento dos objetos geográficos armazenados, respectivamente. No servidor foram utilizadas a linguagem de programação PHP 7 (PHP, 2018) e a de templates Smarty (SMARTY, 2018), a qual permite manipular páginas HTML (W3C, 2015) com montagem dinâmica no servidor. No lado cliente, houve a utilização das linguagens de estilos CSS (W3C, 2017), que permite a estilização das páginas exibidas ao usuário, a de programação Javascript, fornecendo interação dinâmica entre usuário e página, e a biblioteca de manipulação de mapas para Javascript, OpenLayers (OPENLAYERS, 2018), sendo aplicada no webmapa presente no SIA.

O desenvolvimento da funcionalidade partiu de um ciclo de iteração do processo unificado (LARMAN, 2007), onde primeiramente foi feita a concepção da funcionalidade, com levantamento dos requisitos da mesma, para então ocorrer a validação destes e implementação em ambiente de desenvolvimento local. Na implementação ocorreu a alteração de tabelas específicas no banco de dados, dispostas em um módulo genérico do DW do SIA, para que comportassem as informações do polígono a ser inserido. Então, efetuou-se a geração de código, abordada em duas partes: geração de páginas pertinentes aos municípios, com informações de consultas, relatórios e pontos localizados dentro do delimitador geográfico; e então a exibição dos delimitadores no webmapa, junto de ajustes de interface para que os pontos pudessem ser utilizados por meio de um menu lateral existente no sistema. Após o teste de ambas as partes implementadas, partiu-se para a implantação da funcionalidade em ambiente de produção. Por fim ocorreu a inserção dos dados de delimitação geográfica e informações pertinentes aos municípios no banco de dados de acesso público por meio do sistema.

## 3. RESULTADOS OBTIDOS

Figura 1 - Mapa da Página Inicial do SIA



Fonte: os autores.

No webmapa principal do sistema os delimitadores geográficos específicos de cada município podem ser selecionados através de um menu lateral, como disposto na Figura 1, onde cada opção selecionada exibe um delimitador diferente, com sua cor sendo informada no momento de inserção. Além disso, ao clicar sobre o delimitador no webmapa, é exibido um modal com o nome e um link com informações básicas do município ao qual pertence o delimitador, redirecionando ao sistema IBGE Cidades (IBGE, 2017).

A página modelo, específica a cada município, contém informações relativas a estes, como disposto na Figura 2. Em dados primários é exibido o mesmo link para o IBGE Cidades também presente no modal no webmapa. Em relatórios há um link onde o usuário pode consultar o relatório faunístico com base no Índice de Shannon (SHANNON, WEAVER, 1964) em uma página à parte, dentro do SIA, com informações relacionadas à fauna dos pontos compreendidos no âmbito do município. Por fim, os pontos de monitoramento associados ao delimitador geográfico são agregados e exibidos em uma lista. Ao clicar no nome do ponto, é possível realizar a consulta individual de gráficos, relatórios e informações específicas.

Figura 2 – Página Modelo do Município

The screenshot shows a web interface for 'Caxias do Sul'. On the left, there is a navigation menu with sections: 'Sobre o sistema', 'Primeiros passos no SIA' (containing links for 'Sobre o SIA', 'A bacia Taquari-Antas', and 'Ver mapa Geral'), 'Módulos' (containing 'Qualidade da água', 'Fauna', and 'Clima'), 'Dimensões de consulta' (containing 'Empreendimentos', 'Sub bacias', 'Recursos hídricos', and 'Municípios'), and 'Últimas atualizações +'. Below the menu is a 'Navegação' bar. The main content area is titled 'Caxias do Sul' and includes: 'Dados primários' with a link to 'Mais informações em: IBGE Cidades'; 'Relatórios' with a list of 'Relatório faunístico - Índice de Shannon [+]' and 'IQA Multipontos [+]'; 'Recursos hídricos associados' with links for 'Lajeado Grande' and 'Rio das Antas'; and 'Pontos de monitoramento associados' which contains a table.

Fauna	Qualidade da Água
Avi CAÇA 01 Última campanha: 25/04/2020	Antas 10 Fundo Última campanha: 01/06/2009 - <b>Classe 1</b> <i>io das Antas a jusante da foz do arroio Leão - UHE Castro Alves</i>
Avi CRI 07 Última campanha: 07/01/2018	Antas 10 Meio Última campanha: 01/06/2009 - <b>Classe 2</b> <i>io das Antas a jusante da foz do arroio Leão - UHE Castro Alves</i>
Avi CRI 08 Última campanha: 22/01/2019	Antas 11 Fundo Última campanha: 01/06/2009 - <b>Classe 3</b> <i>Rio das antas na área do reservatório da UHE Castro Alves</i>

Fonte: os autores.

A página de inserção dos objetos delimitadores geográficos, exibida na Figura 3, possui campos de identificação de informações voltada ao armazenamento dos municípios no DW do SIA. A inserção dos dados geográficos pode ser realizada através do campo específico para tal ou arrastando um arquivo com os mesmos para o webmapa presente na página, a fim de validar o mesmo. Os tipos de arquivo de identificação dos delimitadores aceitos pelo SIA são KML e GEOJson.

Figura 3 – Página de Inserção do Delimitador Geográfico no Sistema

The image shows a web form titled "Novo Município". It contains several input fields and a dropdown menu. The "Município" dropdown is currently set to "Rondônia". Below the form is a satellite map with a text prompt "Arraste o arquivo KML ou geojson para o mapa abaixo:". At the bottom right of the map area are buttons for "Limpar" and "Enviar".

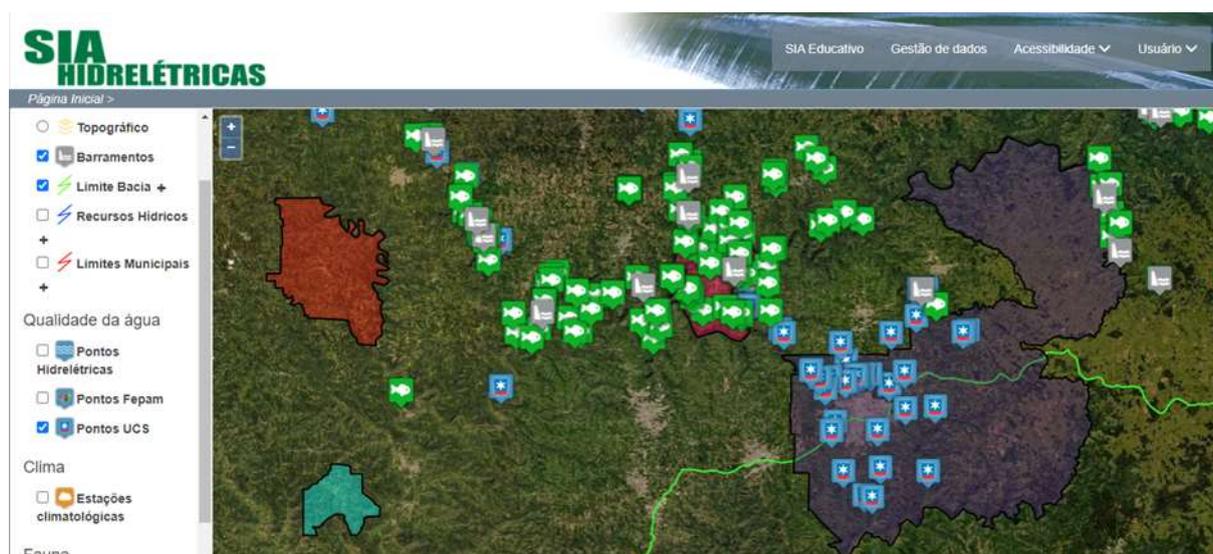
Fonte: os autores.

#### 4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A implementação desta funcionalidade permite que informações como as dispostas na Figura 2 sejam agregadas por meio de uma consulta a qual engloba os pontos de monitoramento e informações coletadas neles, pertinentes a um município. Essa consulta agregada forneceu um meio de análise espacial pela visualização das informações, no webmapa, através de pontos contidos em um delimitador geográfico. Outra forma de análise pode ser a partir das informações pertinentes ao município dispostas em uma página modelo dinamicamente montada para cada delimitador geométrico e que exhibe as informações do webmapa de modo ordenado.

Essa disposição das informações permite a exploração como uma funcionalidade de análise espacial, além do viés de apoio à tomada de decisão, através da exibição destes delimitadores geográficos, como exibidos na Figura 4. Em conjunto, essas características conferem a ligação entre os dados geográficos armazenados e as funcionalidades de processamento do SIA, comuns a SIGs, por meio dos mecanismos de consulta e seleção, filtrando a exibição de dados, com vistas ao seu viés exploratório (CÂMARA, QUEIROZ, 2001).

Figura 4 – Mapa principal do SIA com diversos objetos geográficos selecionados



Fonte: os autores.

## 5. CONCLUSÕES

Através da configuração de sistemas de apoio à tomada de decisão e das funcionalidades pertinentes a estes, a disponibilização de informações para consulta aos usuários interessados se configura como essencial para a sua utilização, de acordo com seus objetivos de implementação. Como um meio de processamento e tratamento destas informações, funcionalidades são empregadas, com vistas ao fornecimento de indicadores para o auxílio na tomada de decisão com base em dados.

Com a utilização de um webmapa como funcionalidade para consulta a informações, os meios de análise espacial a serem explorados são amplos. Um destes meios de análise funciona através da agregação de informações como indicador para a descoberta de relações entre as informações disponíveis no sistema, seja por meio da consulta visual, como pela elaboração de novas funcionalidades que contemplem campos de informação específicos, como a exibição de pontos de qualidade de água, fauna e clima com seus respectivos relatórios, gráficos e páginas informativas.

A implementação desta funcionalidade de manipulação de objetos geográficos delimitadores permitiu a exibição das informações relacionadas a municípios pertinentes à bacia hidrográfica Taquari-Antas e sua agregação por dois meios: através de um webmapa e em uma página individual. Através disso foi possível disponibilizar o acesso a essas informações e fornecer mais indicadores para análise, através da identificação de relações entre os limites geográficos e esses indicadores, com vistas a servir como mais uma ferramenta dentro do SIA para o apoio à tomada de decisão na gestão ambiental.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos às empresas Brookfield, Ceran, Certel e Hidrotérmica pelo fomento ao contínuo desenvolvimento do SIA e pelo apoio à pesquisa.

## REFERÊNCIAS

CÂMARA, G.; QUEIROZ, G.R. de. Arquitetura de Sistemas de Informação Geográfica. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. Introdução à Ciência da Geoinformação. São José dos Campos: INPE, 2001. p. 3:1-12. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap3-arquitetura.pdf>. Acesso em: 17 ago. 2018.

CARRA, S. H. Z.; SCHNEIDER, V. E. Sistema de Informação Ambiental (SIA) como ferramenta para o monitoramento dos recursos hídricos em empreendimentos hidrelétricos. In: ENCONTRO DE JOVENS PESQUISADORES, 23.; MOSTRA ACADÊMICA DE COLAÇO JÚNIOR, M. Projetando sistemas de apoio à decisão baseados em Data Warehouse. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004. 197 p.

INOVAÇÃO E TECNOLOGIA, 5., 2015, Caxias do Sul. Anais [...]. Caxias do Sul: EducS, 2015. p. 1 - 1. Disponível em: [http://www.jovenspesquisadores.com.br/2015/restrito/easypdf/includes/resumos/2014/Sofia\\_Helena\\_Zanella\\_Carra\\_04\\_54\\_56.pdf](http://www.jovenspesquisadores.com.br/2015/restrito/easypdf/includes/resumos/2014/Sofia_Helena_Zanella_Carra_04_54_56.pdf). Acesso em: 17 ago. 2018.

ELMASRI, R.; NAVATHE, S. B. Sistemas de banco de dados. 7. ed. São Paulo: Pearson Addison Wesley, 2018. 1127 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). IBGE Cidades. 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 29 out. 2018.

LARMAN, C. Utilizando UML e padrões: uma introdução à análise e ao projeto orientados a objetos e ao desenvolvimento iterativo. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2007. 695 p.

OPENLAYERS. Openlayers – Welcome, 2018. Disponível em: <https://openlayers.org/>. Acesso em: 26 out. 2018.

PHP. PHP: Hypertext Preprocessor. 2018. Disponível em: <https://www.php.net/>. Acesso em: 27 out. 2018.

POSTGIS. About PostGIS, 2018. Disponível em: <https://postgis.net/>. Acesso em: 27 out. 2018.

POSTGRESQL. PostgreSQL: The World's Most Advanced opensource database, 2018. Disponível em: <https://www.postgresql.org/>. Acesso em: 24 out. 2018.

POWER, D. J. Understanding Data-Driven Decision Support Systems. Information Systems Management, v. 25, n. 2, p. 149-154, 2008. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10580530801941124>. Acesso em: 27 out. 2018.

SHANNON, C.E.; WEAVER, W. The Mathematical Theory of Communication. 10. ed. Urbana: The University Of Illinois Press, 1964. 125 p.

SILVA, P. R. Tecnologia da Informação e sua utilização no processo decisório. Maringá Management: Revista de Ciências Empresariais, v. 6, n. 2, p. 36-44, 2009. Disponível em: <http://www.maringamanagement.com.br/index.php/ojs>. Acesso em: 29 out. 2018.

SMARTY. PHP Template Engine – Smarty, 2018. Disponível em: <https://www.smarty.net/>. Acesso em: 27 out. 2018.

SOMMERVILLE, I. Engenharia de Software. 9. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2011. 529 p. Acesso em: 29 out. 2018.

W3C. CSS, 2017. Disponível em: <https://www.w3.org/>. Acesso em: 19 out. 2018.

W3C. HTML5: A vocabulary and associated APIs for HTML and XHTML, 2015. Disponível em: <https://www.w3.org/>. Acesso em: 18 out. 2018.

# Capítulo 10



10.37423/210904692

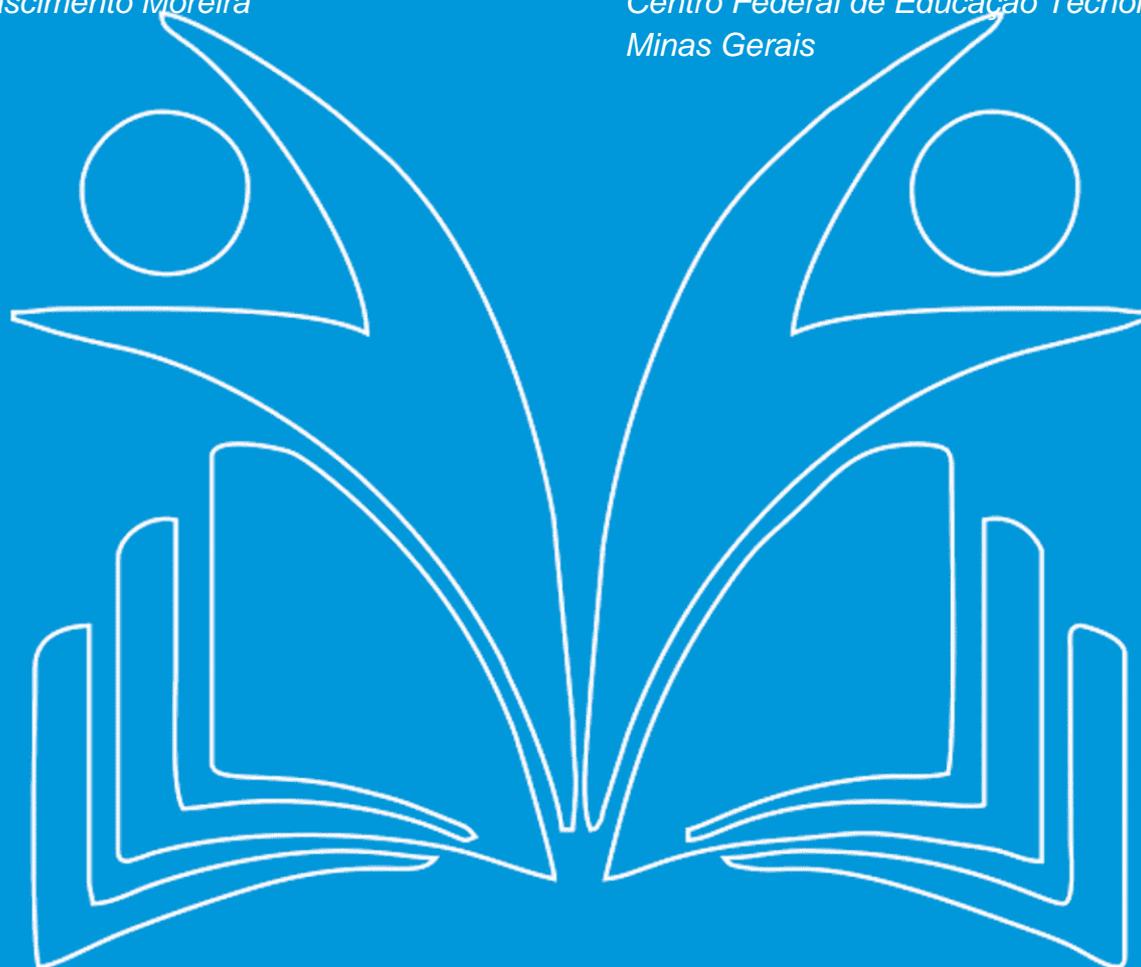
## MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA E LETRAMENTO TECNOMATEMÁTICO EM CURSOS DE ENGENHARIA

*Rutyele Ribeiro Caldeira Moreira*

*Centro Federal de Educação Tecnológica de  
Minas Gerais*

*Luciano Nascimento Moreira*

*Centro Federal de Educação Tecnológica de  
Minas Gerais*



**Resumo:** Neste artigo apresentamos a Modelagem Matemática como uma possibilidade para a aprendizagem ativa em cursos de Engenharia, na qual os estudantes são reconhecidos como atores principais no processo de formação profissional. Neste cenário, a Modelagem Matemática se configura como um espaço formativo no qual os estudantes são encorajados na busca de informações onde quer que elas estejam, possibilitando o trabalho colaborativo, o espírito crítico e a construção de conhecimentos. Sob a perspectiva de Modelagem adotada, o objetivo do fazer docente reside na promoção do letramento tecnomatemático, que busca superar os limites da alfabetização científico-matemática demandada nos/pelos cursos de Engenharia, estabelecendo como meta a promoção de práticas pedagógicas nas quais os alunos possam assumir a Matemática e os demais recursos Tecnológicos como ferramentas essenciais para auxiliarem o fazer profissional do Engenheiro. Por fim, apresentamos alguns exemplos de formas de trabalhar a Modelagem em cursos de Engenharia.

**Palavras-chave:** Modelagem Matemática, Letramento Tecnomatemático, Aprendizagem Ativa.

## 1. MODELAGEM MATEMÁTICA COMO ESTRATÉGIA DE APRENDIZAGEM ATIVA EM CURSOS DE ENGENHARIA

Etimologicamente, a palavra matemática é originada da palavra grega *mathemathike* que deriva de *máthema* (compreensão, explicação, ciência, conhecimento, aprendizagem) e de *thike* (arte, técnica). Portanto, a matemática é a arte ou técnica de compreender, explicar, conhecer, aprender ou entender<sup>1</sup>.

Barbosa (2001a, p. 6) entende que a “modelagem é um ambiente de aprendizagem no qual os alunos são convidados a indagar e/ou investigar, por meio da matemática, situações oriundas de outras áreas da realidade”. Já Bassanezi (2006, p. 16) entende que a modelagem matemática consiste na “arte de transformar problemas da realidade em problemas matemáticos e resolvê-los interpretando suas soluções na linguagem do mundo real”.

No contexto do presente texto, será considerado que “atividades de Modelagem Matemática constituem *espaços formativos*<sup>2</sup> nos quais os sujeitos engajados dirigem suas ações em prol do entendimento e da resolução de questões-problema não matemáticas, oriundas das mais variadas esferas da sociedade, utilizando, necessariamente, instrumentos matemáticos para auxiliá-los” (CALDEIRA, 2014, p. 83).

Além disso, será assumido que o “trabalho do professor consiste em auxiliar, acompanhar, orientar e ajudar os estudantes a engajarem e participarem do processo de formação e constituição da própria cidadania, em termos da aquisição de conhecimentos necessários para plena participação social” (CALDEIRA, 2014, p. 84). Sendo assim, será considerado “que o trabalho do professor somente se realiza, em sua plenitude, mediante o engajamento dos alunos, pois, para um sujeito auxiliar e/ou acompanhar e/ou orientar e/ou ajudar outro sujeito, torna-se necessário que esse outro direcione ações no mesmo sentido, orientadas pelo mesmo fim” (CALDEIRA, 2014, p. 84). Neste sentido, será assumido que não poder é existir ensino sem ter ocorrido, necessariamente, a aprendizagem. Este engajamento ativo dos alunos em sua própria aprendizagem se enquadra ao que é conhecido como aprendizagem ativa, que busca a (des)construção da ideologia pedagógica tradicional, que encara o aluno como “receptor” de conhecimentos prontos e acabados, e passa a entendê-lo como um ator que constrói seu próprio conhecimento.

Franchi (2002), em sua pesquisa de doutorado, buscou compreender as necessidades profissionais que constituem os cursos de Engenharia. Para a autora, o currículo de Engenharia deveria estar

estruturado de modo a atender tais necessidades. A autora aponta as principais habilidades/competências do engenheiro atual como sendo:

- *Capacidade de identificar, formular e resolver problemas de Engenharia, considerando os aspectos multifuncionais relacionados a eles, avaliando os impactos na sociedade. Isto inclui: ter sólida formação básica (princípios da ciência que dá embasamento teórico à sua profissão), ter conhecimentos técnicos (produtos e processos) e ter conhecimentos não técnicos (sociais, políticos, éticos e ambientais). Inclui também a capacidade de buscar as informações e usar ferramentas modernas para a solução dos problemas.*
- *Criatividade*
- *Espírito crítico*
- *Capacidade de comunicação oral e escrita*
- *Capacidade de cooperação*
- *Capacidade de trabalho em equipe*
- *Capacidade de aprendizagem contínua (autoaprendizagem).* (FRANCHI, 2002, p. 27)

Neste sentido, as atividades de Modelagem Matemática em cursos de Engenharia, como espaço formativo, podem ser consideradas como convergentes às necessidades apontadas por Franchi (2002), devido ao fato de que os estudantes e suas necessidades ocuparem lugar central no processo, levando ao desenvolvimento da autonomia, da criticidade e da capacidade de trabalhar em equipe - demandas atuais de formação em Engenharia.

## 2. LETRAMENTO TECNOMATEMÁTICO COMO OBJETO

Será denominada por *tecnomatemática* toda e qualquer teoria, ciência, lei, conceito, método ou técnica, em todas as suas dimensões e possibilidades de ações instrumentais, que estejam relacionados à Matemática. É pretendido, assim, ressaltar as possibilidades de ações por meio da Matemática em e para si mesma, considerando a dimensão da usabilidade social, cultural e histórica, na qual a própria Matemática possa ser considerada como algo amalgamado às tecnologias, incluindo as tecnologias cibernéticas, podendo, então, ser entendida como uma tecnologia propriamente elaborada coletivamente no decorrer do processo de desenvolvimento humano, com o intuito de suprir as demandas postas em cada momento deste processo.

No final dos anos 90, Ubiratan D'Ambrósio propôs um currículo<sup>3</sup> baseado no tripé *literacia*, *materacia* e *tecnoracia*, apresentando uma concepção de educação que atenda às exigências da sociedade em cada momento histórico-cultural. O autor pontua a diferenciação entre tal proposta curricular e o

currículo tradicional que foca na importância acadêmica de cada disciplina escolar. Nas palavras do autor:

*Literacia é a capacidade de processar informações escrita e falada, o que inclui leitura, escrita, escritura, cálculo, diálogo, ecálogo, mídia, internet na vida cotidiana (instrumentos comunicativos);*

*Materacia é a capacidade de interpretar e analisar sinais e códigos, de propor e utilizar modelos e simulações na vida cotidiana, de elaborar abstrações sobre representações do real (instrumentos intelectuais);*

*Tecnoracia é a capacidade de usar e combinar instrumentos, simples ou complexos, inclusive o próprio corpo, avaliando suas possibilidades e limitações e a sua adequação a necessidades e situações diversas (instrumentos materiais)<sup>4</sup> (D'AMBRÓSIO, 2005, p. 119).*

No mundo atual, as capacidades requeridas aos sujeitos em geral, abarcam usos e visão crítica de instrumentos de comunicação, intelectuais e materiais. Com isso, é extremamente necessário adaptar as práticas pedagógicas institucionalizadas para dar conta dessas prioridades, principalmente no que diz respeito à formação em Engenharias. A Modelagem Matemática, por se tratar de uma atividade intrinsecamente investigativa, que objetiva a resolução de questões-problema de realidades não matemáticas, pode configurar como um importante espaço formativo direcionado pela concepção de educação proposta por D'Ambrósio, conforme explicitado anteriormente.

Tomando-se por base a concepção de educação elaborada por de D'Ambrosio, pode-se encontrar em Mendes (2001), as seguintes conceituações que buscam diferenciar os termos alfabetização e letramento, focando exclusivamente nos instrumentos matemáticos:

- **alfabetização matemática:** entendida como aquisição da linguagem matemática formal e de registro escrito
- **letramento matemático (numeramento):** que envolvem formas de uso, objetivos, valores, crenças, atitudes e papéis que estão ligados não apenas à escrita numérica, mas às práticas relacionadas às formas de quantificar, ordenar, medir e classificar existentes em um grupo num contexto específico (MENDES, 2001, p. 84, grifos nossos).

Buscamos em D'Ambrosio (1999, 2005) e em Mendes (2001) subsídios teóricos para fundamentar o que chamarei de *letramento tecnomatemático*. Esta terminologia se aproxima bem do que D'Ambrosio denomina por *tecnoracia*. Contudo, antes de delimitar um horizonte de conceituação para esta terminologia, busco na concepção da *Educação Matemática Crítica* proposta por Ole Skovsmose mais subsídios teórico-conceituais, considerando que tal autor direciona-se aos propósitos de uma educação matemática que promova o *conhecer reflexivo*.

Para Skovsmose (2001, p. 89), “o conhecimento reflexivo tem como seu objeto o uso da matemática, e, portanto, torna-se importante sair da catedral do conhecimento formal para se ter uma visão mais geral dessa construção”. O autor faz distinção entre três tipos de *conhecer* que podem orientar a educação matemática nas práticas pedagógicas institucionalizadas:

*1) Conhecer matemático, que se refere à competência normalmente entendida como habilidades matemáticas, incluindo-se competências na reprodução de teoremas e provas, bem como ao domínio de uma variedade de algoritmos – essa competência está focada na educação matemática tradicional, e sua importância tem sido especialmente enfatizada pelo movimento estruturalista ou pela “nova matemática”.*

*2) Conhecer tecnológico, que se refere às habilidades em aplicar a matemática e às competências na construção de modelos. A importância do conhecer tecnológico tem sido enfatizada pela tendência dirigida para aplicações na educação matemática, que afirma que, até mesmo se os estudantes aprendem matemática, nenhuma garantia existe de que a competência desenvolvida é suficiente quando se trata de situações de aplicação. Mais do que a matemática pura, tem de ser dominado a fim de se poder aplicar a matemática. [...]*

*3) Conhecer reflexivo, que se refere à competência de refletir sobre o uso da matemática e avaliá-lo. Reflexões têm a ver com avaliações das consequências do empreendimento tecnológico (SKOVSMOSE, 2001, p. 115 e 116).*

Skovsmose (2001) pontua que as habilidades relacionadas ao conhecer tecnológico podem ser consideradas como uma competência extra às adotadas em práticas tradicionais de ensino, denominando-a por competência tecnológica, esclarecendo que, de maneira geral, é caracterizada pelo entendimento necessário que possibilita o uso de uma ferramenta tecnológica visando alcançar objetivos tecnológicos.

Além de objetivar a promoção do *conhecer reflexivo*, a *Educação Matemática Crítica* propõe uma educação onde possa haver igualdade entre os sujeitos - a um nível de parceria-, fundando-se nas ideias da “pedagogia emancipadora” de Paulo Freire (1987). Fica, assim, delimitada uma primeira ideia chave desta concepção de educação – “envolvimento dos estudantes no controle do processo educacional” (SKOVSMOSE, 2001, p. 18). Como uma segunda ideia chave está a “consideração crítica de conteúdos [...] ambos, estudantes e professor, devem estabelecer uma *distância crítica* do conteúdo da educação” (SKOVSMOSE, 2001, p. 18). E a terceira e última ideia chave de tal concepção é o direcionamento do processo de ensino-aprendizagem a problemas existentes fora do contexto educacional propriamente dito – o direcionamento tem origem na própria sociedade, em seus respectivos problemas e demandas. Sendo assim, o *engajamento crítico* deve fazer parte do processo.

Com estes pressupostos teóricos adicionais, conceituaremos o *letramento tecnomatemático*, usando os conceitos de *tecnocracia* de D’Ambrosio, *letramento matemático* (numeramento) de Mendes (2001)

e o conhecer reflexivo de Skovsmose (2001), como exposto anteriormente. Assim, entenderemos o *letramento tecnomatemático* como sendo:

a capacidade de usar e combinar instrumentos *tecnomatemáticos*, simples ou complexos, avaliando e refletindo sobre suas possibilidades e limitações, e sua adequação às necessidades e situações diversas. Reflexões têm a ver com avaliações das consequências do empreendimento tecnomatemático que envolve formas de uso, objetivos, valores, crenças, atitudes e papéis que estão ligados não apenas à linguagem formal (escrita), mas, sobretudo, às práticas relacionadas às formas de calcular, simular, projetar e inferir (tomadas de decisões) existentes em um grupo e demandadas por um contexto específico.

Os instrumentos tecnomatemáticos constituem uma variedade de recursos existentes na sociedade atual, perfazendo *ferramentas e signos* materializados externamente aos sujeitos (linguagem escrita, falada, figuras, técnicas, softwares, fórmulas, modelos, equações, dentre vários outros) e/ou internamente aos sujeitos (ferramentas mentais, abstrações, representações, processos psicológicos, memória, etc.).

Contudo, para que o empreendimento do *letramento tecnomatemático* se torne realmente efetivo é necessário que se (re)organize o ensino de modo que todos os conhecimentos a serem desenvolvidos durante o processo de formação institucionalizada, possam ser ‘descortinados’, isto é, é preciso promover práticas educativas que objetivem a plena elucidação dos constructos sociais, historicamente e culturalmente elaborados no decorrer do processo de desenvolvimento social, necessários para a participação emancipada dos sujeitos nas respectivas práticas sociais em cada momento histórico. Sendo assim, talvez um primeiro passo para direcionar as atividades dos professores rumo ao *letramento tecnomatemático*, esteja relacionado à transformação do objeto da atividade escolar tradicional.

Primeiramente, podemos enquadrar as atividades de Modelagem Matemática como espaços que incentivem a promoção do *letramento tecnomatemático* em cursos de Engenharia, pois em tais ambientes, os aprendizes são convidados a questionar, indagar e investigar situações oriundas de outras realidades, por meio não apenas da matemática, mas, sobretudo, pelo conjugamento com outros instrumentos que estão disponíveis na sociedade atual, dentre eles os instrumentos tecnológicos. Nesse sentido, se constrói, então, um espaço formativo que busca capacitar os sujeitos ao uso e a combinação com variados instrumentos *tecnomatemáticos*, possibilitando também a avaliação e a reflexão sobre tais ações, em seus múltiplos aspectos, incluindo as formas de calcular, simular, prever, projetar, inferir e tomar decisões.

Segundo, atividades de Modelagem Matemática podem constituir espaços formativos que possibilitem à postura investigativa instigada e cultivada nestes ambientes. Os engajados nesse processo podem e devem ser orientados pelo questionamento e, conseqüentemente, pela modificação de ‘verdades’ contidas em fatos aceitos e até então inquestionados pela ciência e academia. Dessa forma, muitos fatos e enunciados sociais amplamente aceitos e difundidos podem ser alterados ou reconstruídos nos processos de Modelagem Matemática. Mais do que isso, atividades de Modelagem Matemática podem se revelar como estratégia de formação na qual os sujeitos são instigados, após análise e possível confirmação dos conhecimentos, não somente a aceitação e reprodução de certezas científicas, mas, sobretudo, à tomada de tais certezas como base (entrada) para a elaboração de outras certezas ou empreendimentos, cumprindo assim, a formação no que tange a produção criativa, a inovação e ao empreendedorismo.

Neste sentido, assumiremos que a perspectiva de Modelagem Matemática, no contexto dos espaços institucionais destinados à formação de engenheiros, deve estar embasada pela necessidade de:

Formar cidadãos e qualificados profissionais de engenharia, capazes de usar e combinar a matemática em todas as suas dimensões sociais com vistas ao alcance do *letramento matemático*, no que tange à apropriação dos instrumentos necessários para o pleno entendimento das mais variadas questões-problema que podem permear este espaço formativo, de tal forma que, no final do processo formativo, os sujeitos se sintam aptos a atuarem como cidadãos empreendedores e agentes do desenvolvimento científico, tecnológico, cultural e socioeconômico.

### 3. COMO TRABALHAR COM MODELAGEM EM CURSOS DE ENGENHARIA?

A incorporação da Modelagem Matemática no decorrer de dos cursos de Engenharia traz a tona a necessidade de adequação da proposta de ensino caso a proposta seja baseada no ensino tradicional. Tal adequação deve ser elaborada pelo professor, em consonância à proposta pedagógica dos referidos cursos e deve levar em conta os conteúdos a serem abordados e, assim, buscar por temas de Modelagem orientados pelos conteúdos. Para isso, Biembengut e Hein (2007, p. 417) apontam os estágios do processo a serem seguidos pelos docentes quando os mesmos se disponibilizam a realizar Modelagem no decorrer das disciplinas ofertadas em cursos de Engenharia:

- 1) *Apresentar uma síntese do tema relativo para Engenharia;*
- 2) *Propor algumas questões sobre o tema, encorajando os estudantes a responder;*
- 3) *Selecionar as questões que são mais apropriadas para desenvolver o conteúdo programático de matemática;*

- 4) *Formular questões de tal modo a aumentar o teor de conteúdo matemático necessário para resolvê-lo;*
- 5) *Apresentar o conteúdo programático de matemática;*
- 6) *Propor exemplos análogos de modo que o conteúdo não seja restrito ao modelo, assim que o conteúdo necessário é suficientemente desenvolvido para responder ou resolver este estágio do trabalho;*
- 7) *Solicitar aos estudantes fazerem pesquisas sobre o assunto, caso seja necessário;*
- 8) *Retornar à questão que começou o processo, apresentando uma solução;*
- 9) *Orientar os estudantes na análise de seus resultados e sua validação.*

Franchi (2002) acredita que a escolha dos conteúdos matemáticos a serem desenvolvidos em cursos de Engenharia deva ocorrer em função do contexto de cada curso. Para cada contexto, é necessário, antes de qualquer coisa, identificar os objetivos que estejam alinhados às demandas de formação em Engenharia. Somente depois disso, a escolha de conteúdos e metodologias que ajudem a atingir tais objetivos deve acontecer. Nesse sentido, a estrutura curricular dos cursos de Engenharia não deve ser algo estático, na visão da autora, muito pelo contrário, deve permitir diferentes possibilidades de organização que possam ser adaptadas a cada contexto, curso ou momento histórico. Contudo, sabemos que tal adequação curricular nem sempre é permitida nos cursos de Engenharia, devido a frequente organização curricular e projeto pedagógico serem concebidos de forma rígida e estática nos referidos cursos.

Biembengut e Hein (2007) concebem a Modelagem Matemática como uma metodologia de ensino em cursos de Engenharia. Além disso, eles esclarecem a ênfase dada por eles nas atividades de Modelagem em cursos de Engenharia. Para eles o objetivo do trabalho com Modelagem é:

*criar condições para que os alunos aprendam a fazer modelos matemáticos, aumentando e aperfeiçoando seus conhecimentos. Um grupo de estudantes, sob a supervisão do professor, deve ser responsável pela escolha e direção de seu próprio trabalho. Cabe ao professor criar condições onde eles podem desenvolver esta autonomia (BIEMBENGUT; HEIN, 2007, p. 417).*

Na intervenção proposta durante os estudos de doutoramento da primeira autora deste texto, os conteúdos de Cálculo foram definidos como ferramentas (instrumentos) para a formação em Engenharia, cujo objetivo fundamental para o trabalho consistiu no Letramento Tecnomatemático - um Cálculo que somente pôde ser concebido em ação: Cálculo como meio, não como finalidade. “Baseado nisso, não há, a priori, como definir os conteúdos de Cálculo que possam ser utilizados para entendimento de uma questão-problema não matemática oriunda de um contexto real – razão de ser das atividades de Modelagem, que seja escolhida por um grupo de sujeitos. Mais do que isso, o foco

principal da referida atividade é o entendimento da questão-problema” (CALDEIRA, 2014, p.82). Dessa forma, sob tal concepção, os conteúdos de Cálculo devem ser construídos com/pelos sujeitos da atividade – alunos e professores - e utilizados para solucionar a questão-problema – um Cálculo que já “nasceria” em ação.

Sob tais premissas e levando em consideração a rigidez curricular e pedagógica da instituição na qual a referida proposta foi desenvolvida e implementada, a primeira autora optou pela criação de um Grupo de Estudos e Pesquisas em Modelagem Matemática – GEPMM-, que desenvolveu suas atividades fora das práticas realizadas durante as disciplinas curriculares dos cursos de Engenharia de tal instituição. Esta opção esteve ancorada no entendimento de que muitos alunos frequentam as atividades desenvolvidas no decorrer das disciplinas dos cursos de Engenharia, aparentemente, para tirar nota suficiente para serem aprovados e, conseqüentemente, conseguirem o diploma de Engenheiro. A proposta do GEPMM buscou superar esta contradição.

Para a constituição do referido grupo, um convite à comunidade acadêmica da instituição, destinada exclusivamente à formação de Engenheiros, foi realizado. Após o convite ter sido efetuado, alguns alunos e professores o aceitaram e o grupo se constituiu. Os encontros do grupo eram semanais, nos quais os integrantes definiram questões e demandas de interesse comum, buscaram informações sobre os temas e os resolveram usando variados instrumentos matemáticos e tecnológicos, dentre eles, Equações Diferenciais Ordinárias, Simulação e Programação Orientada ao Objeto.

A seguir apresentamos um exemplo para elucidar o que foi trabalhado no GEPMM: *o problema do peso corporal ideal*. O problema foi proposto pela primeira autora deste artigo no segundo encontro do GEPMM. Nas palavras dela: “expliquei para eles que gostaria de entender melhor, matematicamente, a questão do ganho ou perda de peso considerando somente os fatores alimentação e exercícios físicos. Denominei, naquele momento, esse problema como “a fórmula da saúde”” (CALDEIRA, 2014, p. 140). Após longo e árduo trabalho, encontramos as seguintes equações<sup>5</sup>:

$$\begin{cases} \rho_G \frac{dG}{dt} = CI - k_G G^2 \\ \rho_F \frac{dF}{dt} = (1 - p) \left( EI - EE - \rho_G \frac{dG}{dt} \right) \\ \rho_L \frac{dL}{dt} = p \left( EI - EE - \rho_G \frac{dG}{dt} \right) \end{cases}$$

onde  $G$  corresponde ao Glicogênio,  $CI$  corresponde aos carboidratos de entrada,  $EI$  denota a energia de entrada,  $EE$  a energia gasta,  $F$  massa gorda,  $L$  massa magra, os demais são coeficientes que dependem de correlação de dados iniciais. Tal sistema culmina na seguinte Equação Diferencial Ordinária linear de primeira ordem:

$$\left[ \frac{\eta_F + \rho_F + \alpha\eta_L + \alpha\rho_L}{(1-\beta)(1+\alpha)} \right] \frac{dBW}{dt} = \Delta EI - \frac{1}{(1-\beta)} \left[ \frac{\gamma_F + \alpha\gamma_L}{(1+\alpha)} + \delta \right] (BW - BW_0)^6$$

Mais do que estudar e compreender tais equações, planejamos dar continuidade ao trabalho e elaborar um simulador, que será disponibilizado para os profissionais da área de saúde e para os cidadãos em geral, de modo a auxiliar na perda e ou ganho de peso corporal – peso ideal.

A intervenção formativa estabelecida por meio da proposta de constituição do GEPMM, além de aprendizagens relacionadas ao letramento tecnomatemático, se mostrou importante objeto de formação continuada dos docentes engajados em tal prática (CALDEIRA, 2014).

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo apresentamos estratégias de Modelagem Matemática como uma possibilidade para a aprendizagem ativa em cursos de Engenharia - ao ser configurada como um espaço formativo no qual os estudantes e professores são encorajados para participarem ativamente na construção de conhecimentos demandados na/pela formação em Engenharia. Sob a perspectiva de Modelagem adotada, o objetivo da atividade estaria ancorado na promoção do letramento tecnomatemático. A proposta de atividade apresentada pode assumir diferentes formas em cursos de Engenharia, devido às influências do projeto político-pedagógico dos referidos cursos, assim como a rigidez das matrizes curriculares e ementas. Com isto, apresentamos formas de se trabalhar com Modelagem em cursos de Engenharia: podem ocorrer durante o desenvolvimento de disciplinas regulares e também sob a forma de um grupo de estudos e pesquisas, que desenvolve suas atividades independentemente das “amarras” curriculares e o contrato didático<sup>7</sup>. Ambas as formas apresentadas se mostram promissoras no que tange à formação em Engenharia aliada às demandas atuais. Vale ressaltar que o trabalho com Modelagem na educação em Engenharia é ser considerado uma abordagem flexível e dinâmica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J. C. Modelagem na Educação Matemática: contribuições para o debate teórico. In: REUNIÃO ANUAL DA ANPED, 24., Caxambu. Anais... CD-ROM. ANPED: Rio de Janeiro, 2001a.

BASSANEZI, R. C. Ensino-Aprendizagem com modelagem matemática: uma nova estratégia. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2006.

BIEMBENGUT, M. S.; HEIN, N. Modelling in engineering: advantages and difficulties. In: HAINES, C. et al. (Ed.). Mathematical Modelling (ICTMA 12): Education, Engineering and Economics. Proceedings from the twelfth International Conference on the Teaching of Mathematical modelling and applications. Chichester, United Kingdom: Horwood Publishing, 2007. p. 415-423.

CALDEIRA, R. R. Cálculo em Ação, Modelagem e Parcerias: possibilidades para aprendizagens expansivas em um contexto de formação em Engenharias. 229 f. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.

D'AMBRÓSIO, U. Literacy, Matheracy, and Technoracy: a trivium for today. In: D'AMBRÓSIO, U. Mathematical Thinking and Learning. Philadelphia: Taylor & Francis, 1999. p. 131-153.

D'AMBRÓSIO, U. Sociedade, cultura, matemática e seu ensino. Educação e Pesquisa, São Paulo, v. 31, n. 1, p. 99-120, jan./abr. 2005.

FRANCHI, R. H. L. Uma proposta curricular de Matemática para cursos de Engenharia utilizando Modelagem Matemática e Informática. 2002. 189 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), Universidade Estadual Paulista (UNESP): Rio Claro, 2002.

FREIRE, P. Pedagogia do oprimido. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

MENDES, J.R. LER, ESCREVER E CONTAR: Práticas de numeramento-letramento dos Kaiabi no contexto de formação de professores índios do Parque Indígena do Xingu. Tese (Doutorado em de Estudos da Linguagem) – Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2001.

SKOVSMOSE, O. Educação matemática crítica: a questão da democracia. Tradução de A. Lins (caps. 1-4) e J. de L. Araújo (cap. 5). Prefácio de M. C. Borba. Campinas: Papyrus, 2001. (Coleção Perspectivas em Educação Matemática).

## NOTAS

## Nota 1

[www.dicionarioetimologico.com.br](http://www.dicionarioetimologico.com.br)

## Nota 2

*Espaço formativo* pode ser entendido como algo além de um lugar físico. Um ambiente que produz um contexto propício à formação, uma estratégia de formação que deve conter os mais variados instrumentos, incluindo instrumentos subjetivos e simbólicos, nos quais os sujeitos dirigem suas ações orientadas pelos objetivos de formação, que incluem o compartilhamento de conhecimentos e saberes em prol da formação profissional dos futuros engenheiros.

## Nota 3

O autor define currículo de uma forma muito abrangente: “a estratégia da ação educativa” (D’AMBRÓSIO, 2005, p. 118).

## Nota 4

Em inglês *Literacy*, *matheracy* e *technoracy*. Existem outras traduções para *Literacy*, como por exemplo, letramento, contudo não portam a mesma definição. O letramento estaria mais relacionado com a *matheracy* estando focado apenas na língua oficial do Brasil, o português. No campo do letramento, podemos encontrar conceitos próximos à *matheracy*, por exemplo, o numeramento. Já o termo *technoracy* está relacionado ao *technological literacy*, o que poderia ser traduzido por letramento tecnológico.

## Nota 5

Podem ser encontradas em

<http://www.niddk.nih.gov/research-funding/at-niddk/labs-branches/LBM/integrative-physiology-section/body-weight-simulator/Pages/body-weight-simulator.aspx>

## Nota 6

Onde *BW* significa o peso corporal e *BW0* corresponde ao peso corporal inicial.

## Nota 7

Vale ressaltar que outra forma de se trabalhar com Modelagem Matemática poderia ser através de projetos de extensão universitária em cursos de Engenharia.

# Capítulo 11



10.37423/210904693

## VANTAGENS PROJETISTAS DEPREENDIDAS DAS CONFIGURAÇÕES EFETUADAS NO TÓPICO CORRIMÃOS DA NBR 9050 EM 2020

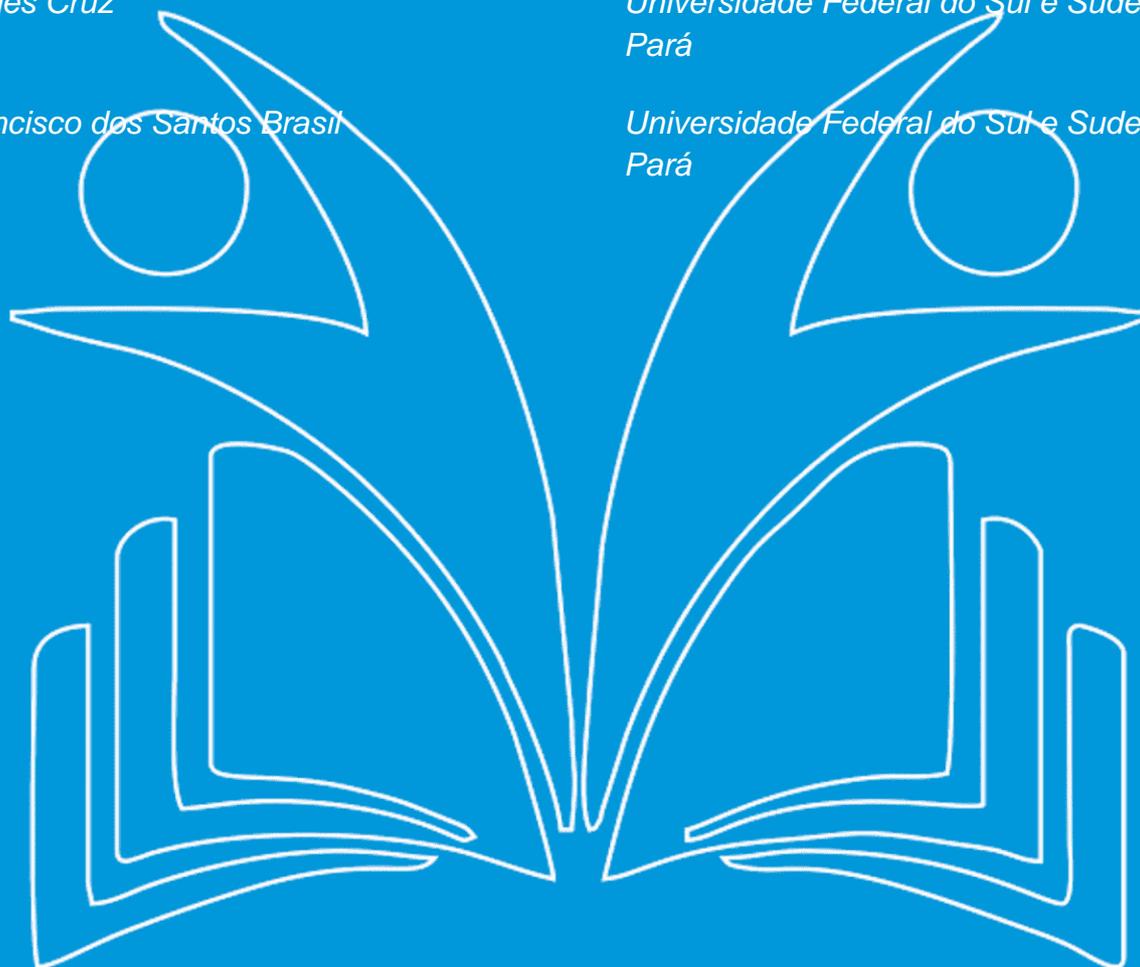
*Antonio Carlos Santos do Nascimento Passos-de-Oliveira* Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

*Heitor Borges Cruz*

*Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará*

*Carlos Francisco dos Santos Brasil*

*Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará*



**Resumo:** Este trabalho foi produzido no intuito de apresentar e discutir as vantagens projetistas das configurações no item Corrimão da Norma Brasileira Regulamentadora de Acessibilidade (NBR 9050/2015), a partir do conteúdo de sua primeira Emenda, divulgada em 2020. Partindo de uma pesquisa descritiva e com o auxílio de uma simplificação do processo metodológico descrito por Laurence Bardin, em *L'Analyse de contenu*, os documentos em questão foram comparados e os produtos considerados relevantes para o estudo estão descritos ao longo da seção de resultados e discussões. Percebeu-se a abertura de novas possibilidades de design para barras e corrimãos, assim como uma descrição mais precisa de medidas e localização de equipamentos, o que facilitou a leitura e reprodução de conceitos que em versões anteriores da Norma poderiam gerar dúvidas.

**Palavras chave:** NBR 9050. Acessibilidade. Corrimão. Projetistas.

## INTRODUÇÃO

Desde a promulgação do Decreto Federal nº5.296, em 2004, que regulamenta as leis referentes a acessibilidade, a atenção destinada às pessoas com deficiência tem se intensificado, haja vista a manifestação das Pessoas com Deficiência - PcD. No que se refere a acessibilidade, a Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 9050, que estabelece os parâmetros para projetos de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, foi atualizada em 2015 e recebeu sua primeira emenda em março de 2020. Tendo em foco as configurações normativas efetuadas pela Emenda, este artigo procura destacar os benefícios ao ramo projetista da Engenharia Civil, relacionados aos tópicos de corrimãos.

“O corrimão é responsável por facilitar a mobilização das pessoas deficientes e proporcionar a segurança aos usuários em geral” (Pagliuca 2007 p. 2). Segundo Moraes (2007 p.128): “[...] é um elemento do espaço construído que é instalado geralmente ao longo de uma escada ou rampa, a fim de fornecer apoio às pessoas que sobem ou descem”. A inadequação dos corrimãos pode comprometer o acesso e a mobilidade dos portadores de deficiência física, fatores classificados como “barreiras arquitetônicas” (Pagliuca, 2007 p.582).

Conforme o estudo realizado por Martins *et.al* (2016, p.3154), verificou-se que “até as construções mais recentes e projetadas para abrigar órgãos públicos [...] ainda são alvos de reclamações dos usuários porque não garantem o livre acesso”. Dessa forma, foi papel da Emenda 1 da NBR 9050/2020 atualizar o arcabouço de diretrizes que garantem a adequação dos corrimãos às necessidades das pessoas com deficiência.

Afinal, atender todas as pessoas, com autonomia e acessibilidade, é uma das premissas da norma, por isso ela concebe diretrizes que além de proporcionar maior segurança em espaços urbanos, também se dedica a assegurar o mais elevado nível de confortabilidade a todos. Nessa perspectiva, com o passar do tempo, certos parâmetros se tornam obsoletos e passíveis de atualização ou reformulação, para que o grau de segurança e conforto descrito nos critérios da norma não reduzam a credibilidade dela.

Considerando as alterações decorrentes das remodelagens sofridas pela norma em questão, sobretudo, no que tange aos corrimãos, se faz necessário analisar tais modificações. Dessa forma, o objetivo deste artigo é apontar os benefícios oriundos das modificações realizadas nos tópicos de corrimão, segundo a Emenda 1 da norma 9050/2020, tendo como foco questões projetivas da Engenharia Civil.

## 2 MÉTODO

Vergara (2005) aponta a pesquisa descritiva como aquela indicada para descrever um dado fenômeno, no intuito de interpretá-lo, contudo, sem provocar modificação ou interferência. Considerando que essa pesquisa se propôs a identificar as modificações normativas ocorridas no item 6.9, corrimãos e guarda-corpos, da Norma Brasileira Regulamentadora (NBR) 9050, entre a edição de 11 de setembro de 2015 e a Emenda 01 de 03 de agosto de 2020, essa pesquisa configura-se como uma pesquisa descritiva.

Para balizar as ações necessárias para desenvolvimento da pesquisa e análise do documento normativo foi realizado um levantamento bibliográfico, não sistemático, axiomáticamente, adotando como referentes os trabalhos de Martins (2016), Reis (2000), e Moraes (2007), o qual forneceu a definição de grau de aceitabilidade ou satisfação em sua dissertação de mestrado.

Assim sendo, Moraes (2007) emprega o grau de acessibilidade a partir do conforto, segurança e independência que as instalações são capazes de fornecer ao usuário no intuito de que eles demonstrem satisfação frente os experimentos realizados. O autor se utiliza do grau de dificuldade relatado pelos participantes ao desempenhar certas atividades do cotidiano em diferentes equipamentos para definir o grau de satisfação deles, além de tomar notas quanto a observações adjacentes.

Com base em uma simplificação do procedimento metodológico de Bardin (1977), o item 6.9 dos documentos NBR 9050/2015 e a Emenda 1/NBR 9050/2020 foram o *corpus* selecionados, sendo posteriormente realizada a leitura geral dos documentos, codificação para formulação das categorias de análise (demarcando a repetição de palavras), formulação das unidades de registro (por meio da conceituação das palavras repetidas). Dada as idiosincrasias inerentes ao estudo de variações normativas, com base nas unidades de registro [acrécimo, tolerâncias dimensionais, bocel, inclinados, corrimão intermediário duplo, posição inclinada], os parágrafos dos documentos foram comparados e foi realizada a compilação das diferenças identificadas para que por fim, elas fossem expostas em um quadro sintético.

Não se encontra no escopo desta pesquisa avaliar as percepções dos usuários em relação as mudanças verificadas, contudo, com apoio da literatura de Moraes (2007), Martins *et. al* (2016) e Pagliuca (2007), foram debatidas interpretações sobre o impacto das alterações para projetos de edificação.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

O primeiro acréscimo trazido pela Emenda 1, no contexto de obras construídas, foi a adição de tolerâncias dimensionais, que tornam mais viável o processo de fiscalização: 20 mm para as dimensões de corrimãos, uma novidade tendo em vista a existência de tolerância apenas para sanitários, vestiários e banheiros, conforme as edições publicadas anteriormente (figura 1).

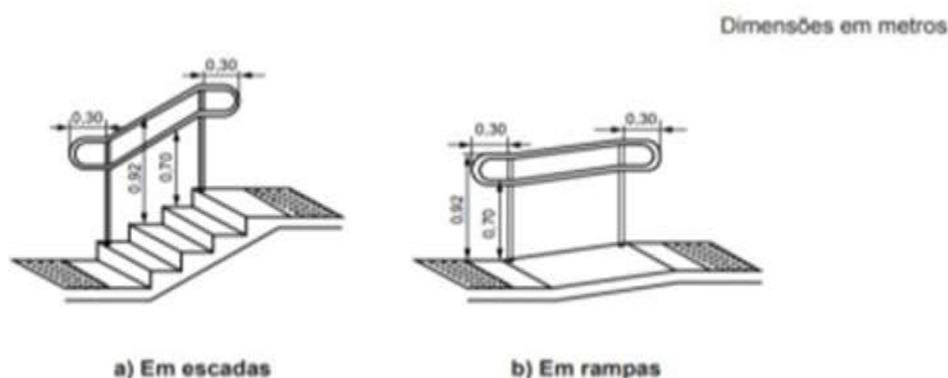
Figura 1. Trecho extraído da NBR 9050.

Os valores identificados como máximos e mínimos citados em 6.9.2 a 6.9.4 devem ser considerados absolutos e demais dimensões devem ter tolerância de mais ou menos 20 mm.

Fonte: Emenda 1/2020

Na norma atual, a altura que os corrimãos devem ser instalados em rampas ou escadas deve ser a partir da base superior até o bocel, ou seja, a partir da base superior até a quina do degrau, e não a partir mais do ponto central do piso do degrau (figura 2). Logo, a instalação se torna mais precisa, tendo em vista os padrões internacionais; algo positivo do ponto de vista de Moraes (2007) e Baptista (2016), que defendem a ideia da implantação de um Desenho Universal (DU), assim como, o caráter de padronização oferecido pelas Normas Brasileiras (figura 3).

Figura 2. Ilustração de NBR 9050.



Fonte: NBR 9050/2015 Figura 3. Ilustração de NBR 9050.



Fonte: Emenda 1/2020

As alturas ainda permanecem 70 e 92 cm partindo do piso acabado e aparentemente não sugerem alterações, porém, quando se observam as medições partindo da quina da escada ou bocel, e não mais do ponto central do piso do degrau, o resultado é um aumento na altura do corrimão nos lances de escada. Dessa forma, a norma se adaptou à maneira em que os *softwares* de apoio ao desenho técnico determinam as alturas dos corrimãos, pois como se sabe, é muito melhor adaptado aos *building codes* norte-americanos, (Souza *et al.*, 2016), os quais medem os corrimãos partindo da quina ou bocel, mas não dispõem de parâmetros que permitam configurar de que forma, as alturas dos corrimãos devem ser medida em lances de escada. Nesse aspecto, com a atualização da norma, isso deixa de ser um problema.

Com relação ao prolongamento, em comparação com os anos de 2015 e 2020, em vez do corrimão se prolongar paralelamente ao patamar, ele deve apenas se prolongar por no mínimo 30 cm nas extremidades. Observando de maneira prática, nos níveis inferiores das escadas, os corrimãos terminarão, geralmente, ainda inclinados (figura 4 e 5).

Figura 4. Representação na NBR 9050 dos corrimões.

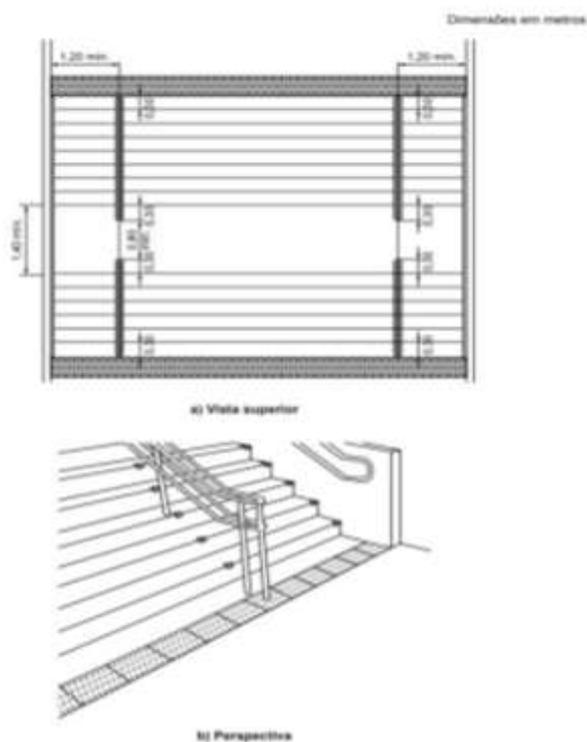


Figura 77 – Corrimão intermediário interrompido no patamar

Fonte: NBR 9050/2015

Figura 5. Representação na NBR 9050 dos corrimões.

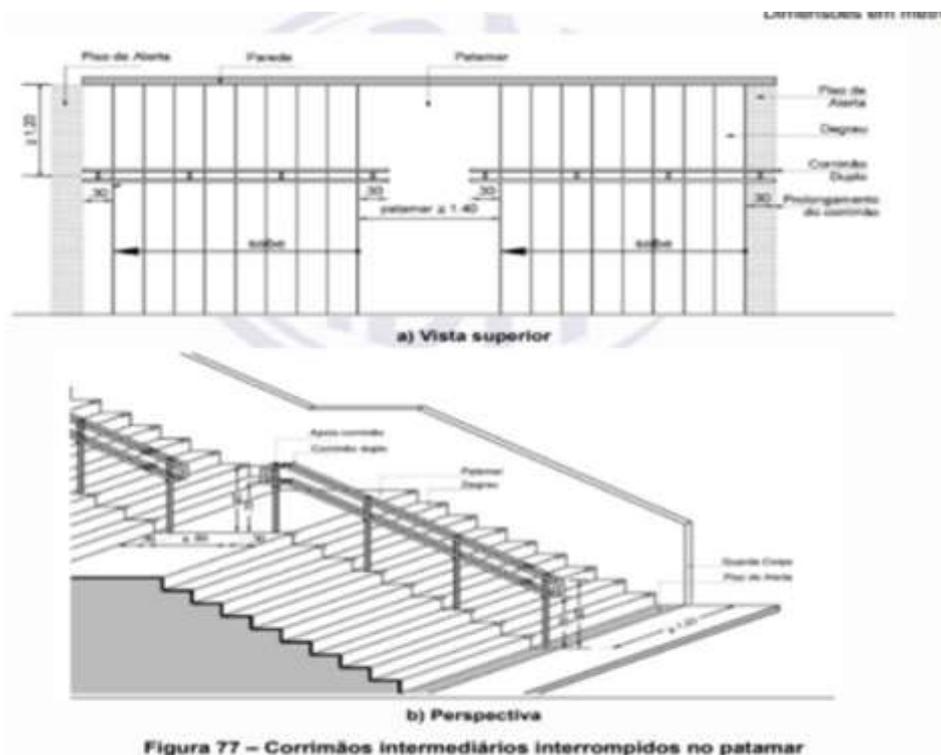


Figura 77 – Corrimãos intermediários interrompidos no patamar

Fonte: Emenda 1/2020

Parte disso se deve a alteração na altura ressaltada anteriormente: no padrão antigo, o corrimão deveria alcançar a altura correta no patamar inicial e final e só depois prolongar-se de forma horizontal por 30 cm, mas como a opção escolhida pela atualização de 2020, tendo em vista o aumento de altura observada anteriormente, definiu 30 cm em projeção horizontal, medidos desde o degrau; foi resolvido o problema de manter o padrão antigo e assim a maior altura nos lances, que por sua vez, iria prolongar ainda mais o corrimão no nível inferior. No nível superior da escada, o corrimão sempre estará na horizontal durante todo o prolongamento, o que não era observado antes.

De acordo com a pesquisa de campo qualitativa realizada por Moraes (2007, p.134), é possível perceber que a configurações de itens como o prolongamento ainda são relevantes, mesmo em um contexto futuro, tendo em vista que tais modificações atendem às problemáticas ressaltadas por Moraes em 2007, e só foram solvidas na Emenda 1 de 2020.

“Afirmou que o prolongamento ajudou bastante no deslocamento, principalmente quanto à questão da segurança”

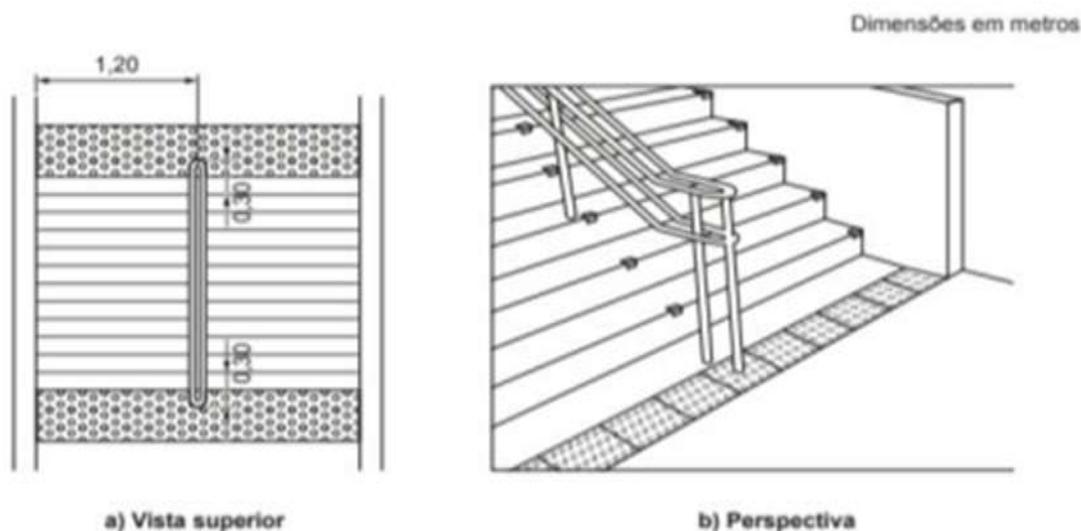
“[...]todos acharam que o prolongamento do corrimão promoveu mais segurança no deslocamento” (Moraes, 2007 p.134)

“Acredita-se que este prolongamento sirva para proporcionar maior segurança, apoio e orientação às pessoas, uma vez que é uma informação extra no término e início de um lance de degraus” (Moraes, 2007 p.131).

As novas ilustrações sugerem que a guia de balizamento seja prolongada nas duas extremidades, assim como ocorre com os corrimãos. Embora não haja especificações quanto a obrigatoriedade desse prolongamento, as ilustrações também aplicam essas sugestões para os corrimãos de rampas. Essa medida trouxe um maior número de possibilidades para se pensar melhor no design e assim, não se limita apenas no desenho apresentado na Norma.

No caso de escada com largura igual ou superior 2,40 m, havia, na versão antiga da norma, um corrimão intermediário, o que poderia configurar um problema caso fosse construído em locais com tráfegos intensos, como arenas e estádios. Já na versão atualizada, têm-se duas situações opcionais: corrimãos laterais ou corrimão intermediário duplo, que por sua vez resolvem esse problema, sendo melhor adaptável a ambientes movimentados (figura 6 e 7).

Figura 6. Ilustrações da NBR 9050.



Fonte: NBR 9050/2015

Figura 7. Trecho da NBR 9050.

**6.9.3.5** Em escadas e rampas com largura igual ou superior a 2,40 m, a instalação de corrimãos deve atender no mínimo uma das seguintes condições, salvo escadas e rampas contempladas em 6.4.1.1:

- a) corrimãos laterais contínuos, em ambos os lados, com duas alturas de 0,70 m e 0,92 m do piso, conforme 6.9.3.3 e Figura 76.
- b) corrimão intermediário, duplo e com duas alturas, de 0,70 m e 0,92 m do piso, garantindo a largura mínima de passagem de 1,20 m, respeitando 6.9.3.6 e a Figura 77.

Fonte: Emenda 1/2020

Em se tratando do degrau isolado, como apontado anteriormente, a Emenda 1 proporcionou uma explicação melhor a respeito do ponto de referência para aferimento de altura para o posicionamento da barra de apoio: no caso de degrau isolado único, a medição deve ser realizada a partir do bocel; as demais edições não possuíam tal especificação, o que terminava por gerar dúvidas no processo projetista, assim como na interpretação no momento de execução de projetos. Esta observação é de grande importância, tendo em vista também a diferença de altura da barra de apoio caso aplicada com a altura relativa ao piso e à quina do degrau. Tal especificação permite maior conforto de acesso à barra de apoio, item indispensável para o deslocamento de pessoas com deficiência (figura 8).

“[...]este elemento ajuda na segurança, uma vez que no deslocamento vertical realizado em uma rampa ou escada devido a postura inclinada assumida pelo corpo, o equilíbrio da pessoa fica comprometido, principalmente se ela estiver em deslocamento mais acelerado. Além de auxiliar no equilíbrio, o apoio também facilita o deslocamento pois se pode usar a força muscular dos membros superiores” (Moraes, 2007 p.128).

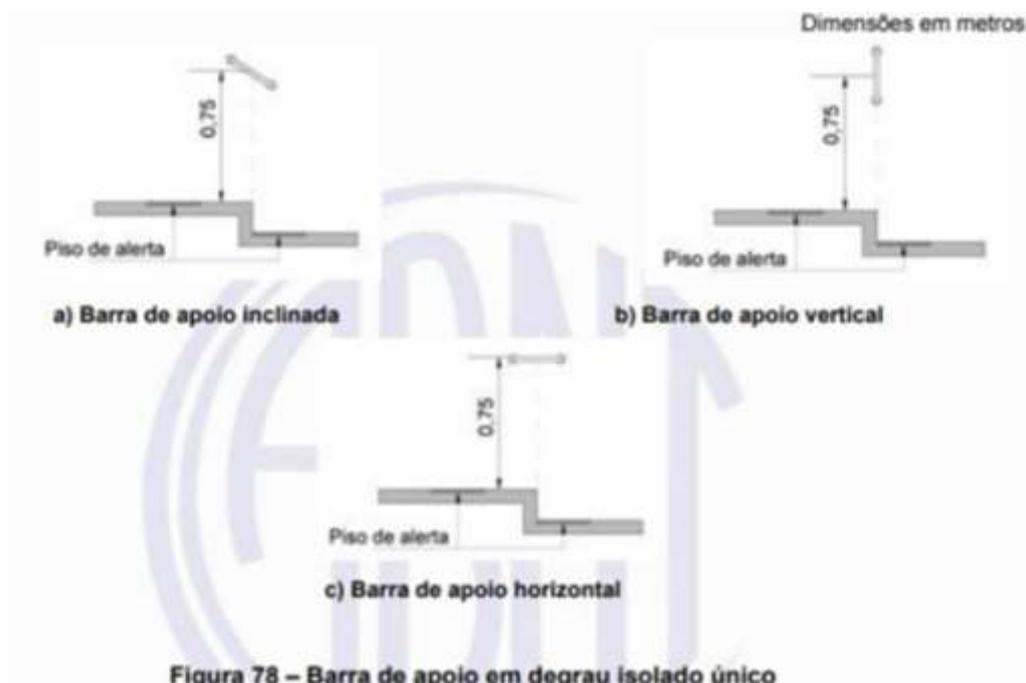
Outro acréscimo interessante foi a possibilidade de instalação das barras de apoio em posição inclinada, com ângulo base não especificado, oferecendo maiores possibilidades de design ao projetista; por simular um pequeno corrimão, pode estar relacionada com adversidades de diferentes localidades, tanto por conta de necessidades especiais do indivíduo, quanto por condições especiais do ambiente, se adequando melhor às particularidades de certas instalações (figura 9).

Figura 8. Ilustração da NBR 9050



Fonte: NBR 9050/2015

Figura 9. Ilustração da NBR 9050



Fonte: Emenda 1/2020

A Emenda ressalta também que a especificidade com relação à barra de apoio é permitida apenas na configuração de degrau isolado único. No caso de degrau duplo, aplica-se o mesmo tratamento destinado às escadas: os corrimãos devem ser instalados, a 0,92 m e a 0,70 m do piso, medidos da face superior até o bocel ou quina do degrau em ambos os lados com duas alturas. Se o vão for igual ou superior a 2,40 m pode ser adotado um só corrimão intermediário, nas mesmas condições. Os corrimãos devem prolongar-se por, no mínimo, 0,30 m nas extremidades.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Consoante o apresentado anteriormente, as modificações realizadas pela emenda tornaram o processo de construção e adaptação de designs mais prático e ofereceram mais opções ao construtor, que por meio da alteração de medidas de altura, largura e prolongamentos nos corrimãos, modificação de equipamentos e adaptação de estruturas, como a relação de altura com a base superior e o bocel, forneceram maiores contribuições na área projetista, pois observou-se maior conformidade com as diretrizes do Desenho Universal (DU), além de facilitar as representações em *softwares* de apoio ao desenho técnico.

Ao analisar a importância dos corrimãos, no que se refere aos seus objetivos, principalmente na segurança, é notório observar que a sua construção desde o estágio projetista deve ser elaborada seguindo os parâmetros descritos na norma 9050, a fim de garantir maior acessibilidade e segurança a todos.

Contudo, a carência de pesquisas a respeito do grau de aceitabilidade das modificações da norma 9050 dos profissionais da área, que informaria de maneira assertiva se essas mudanças foram efetivas, se torna um obstáculo para aumentar a confiabilidade do documento. Com isso, mesmo que os dados apontem para uma aparente melhoria nos parâmetros da norma 9050 com relação aos corrimãos, a falta confirmação dos usuários no âmbito prático se torna um contraponto deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BAPTISTA, Michele Marques; GONÇALVES, Márcia Servi. Acessibilidade para colaboradores em bibliotecas universitárias: um estudo de caso no Sistema de Bibliotecas da Universidade de Caxias do Sul – SIBUCS. Revista ACB, [S.l.], v. 21, n. 3, p. 497-515, dez. 2016. ISSN 1414-0594. Disponível em: <<https://revista.acbsc.org.br/racb/article/view/1188>>. Acesso em: 16 nov. 2020

BARDIN L. L'Analyse de contenu. Editora: Presses Universitaires de France, 1977.

BRITO, L.S., et al. Acessibilidade de cadeirantes em clínicas de fisioterapia do plano piloto de Brasília – DF. Universitas: Ciên. Saúde, v. 4, n.1/2, p. 17-35, 2006.

MARTINS, Kaisy Pereira et al . Estrutura interna de Unidades de Saúde da Família: acesso para as pessoas com deficiência. Ciênc. saúde coletiva, Rio de Janeiro , v. 21, n. 10, p. 3153-3160, Oct. 2016 . Available from

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1413-81232016001003153&lng=en&nr=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-81232016001003153&lng=en&nr=iso)>. access on 15 Nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1413-812320152110.20052016>.

MORAES, Miguel Correia de. Acessibilidade no Brasil: análise da NBR 9050. Florianópolis, 26 de junho de 2007, 166 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pósgraduação, UFSC, 2007.

PAGLIUCA, Lorita Marlena Freitag; ARAGAO, Antônia Eliana de Araújo; ALMEIDA, Paulo César. Acessibilidade e deficiência física: identificação de barreiras arquitetônicas em áreas internas de hospitais de Sobral, Ceará. Rev. esc. enferm. USP, São Paulo , v. 41, n. 4, p. 581-588, Dec. 2007 . Available from

<[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0080-62342007000400007&lng=en&nr=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0080-62342007000400007&lng=en&nr=iso)>. access on 15 Nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/S0080-62342007000400007>.

ROCHA, Max Silva da; SILVA, Maria Margarete de Paiva. A linguística textual e a construção do texto: um estudo sobre os fatores de textualidade. Revista A Cor das Letras, Feira de Santana, v. 18, n. 2, , p. 26-44, maio-agosto, 2017. Disponível em:

<http://periodicos.uefs.br/index.php/acordasleytras/article/view/1866>. Acesso em:15 Nov. 2020. <http://dx.doi.org/10.13102/cl.v18i2.1866>

SOUZA et.al. O USO DO SOFTWARE REVIT NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Anais VIII SIMPAC, Viçosa, V. 8, n. 1, p. 650-656, jan. - dez, 2016. Disponível em:

<https://academico.univicososa.com.br/revista/index.php/RevistaSimpac/article/view/714>. Acesso em: 19 Dez. 2020.

VERGARA, S. C. Método de pesquisa em administração. São Paulo: Atlas, 2005.

# Capítulo 12



10.37423/210904694

## ESTUDO DE BAGAÇO DE MALTE DE CEVADA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA PARA IMPLANTAÇÃO EM RAÇÃO ANIMAL

*Gabriel Borges Castro*

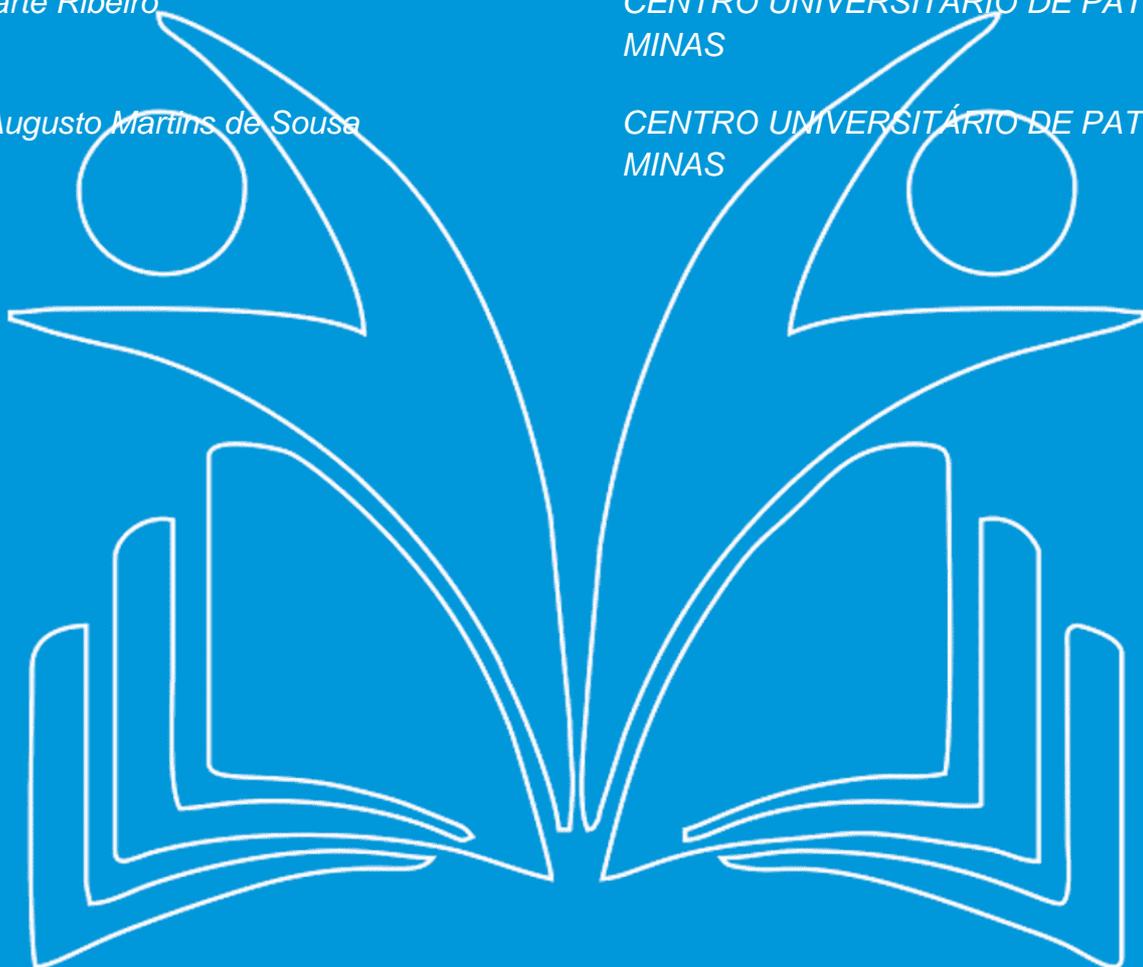
*CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE  
MINAS*

*Gabriel Duarte Ribeiro*

*CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE  
MINAS*

*Leonardo Augusto Martins de Sousa*

*CENTRO UNIVERSITÁRIO DE PATOS DE  
MINAS*



## INTRODUÇÃO

A produção de malte no Brasil para a cervejaria corresponde a 30%, sendo cerca de 380 mil toneladas. A região sul é pioneira nesta produção, entretanto é cultivada também nos estados de Goiás, Minas Gerais e São Paulo.

Os principais pontos de atenção em relação aos impactos ambientais do setor cervejeiro são oriundos de resíduos sólidos antes e depois da fermentação, odores da ETE, geração de efluentes dos sistemas de refrigeração, entre outros.

Na produção de cerveja, ele é levado para fervura e após isso é descartado. Por ser muito úmido e de fácil contaminação, é muitas vezes inutilizado. Porém se bem conservado e retirando essa umidade através de aquecimento por estufas, o malte obtém grande utilidade por apresentar alto teor de proteínas, de fibras, em fibra detergente neutro, carboidratos totais (CT) e extrato etéreo (EE) (Geron et al., 2008). Com isso visamos uma possibilidade de aproveitamento desse resíduo na produção de ração para ruminantes.

A determinação da Matéria Seca (MS) é o ponto de partida da análise dos alimentos. É de grande importância, uma vez que a preservação do alimento pode depender do teor de umidade presente no material (SILVA;QUEIROZ p.23).

Posteriormente é feita as análises de proteína bruta, FDN, FDA, pH e grau brix, para verificar se os valores encontrados são satisfatórios para a inclusão desse material na composição da ração animal.

Estudos realizados por Lima (1993) e Cabral (1999), mostram que o malte pode facilmente sofrer variações na concentração de seus nutrientes por ser um resíduo da agroindústria.

## METODOLOGIA

Todos os processos foram realizados nos laboratórios de bromatologia e química, do Centro Universitário de Patos de Minas- UNIPAM. O primeiro procedimento foi a obtenção do resíduo(matéria verde). Em seguida a amostra foi para pré-secagem à 65°C por 3 dias. Posteriormente foi deixada a amostra em outra estufa a 105°C por um dia, para a obtenção da matéria seca definitiva.

A partir das análises, obteve-se também a proteína bruta. Para isso, foram pesadas pequenas porções, cerca de 0,1 g da amostra e colocada em tubo digestor, levando-as para o digestor onde permaneceu por cerca de quatro horas aumentando a temperatura periodicamente. Então passou para o destilador

de nitrogênio utilizando como indicador o ácido bórico. Logo após a obtenção do destilado, fez-se uma titulação usando como titulante o HCl, obtendo altos índices de proteína.

Para obtenção de FDA(fibra detergente ácida), pesou-se 0,35g de amostra e em seguida passou-se para o tubo digestor, após adicionou-se 35 mL da solução de FDA, juntamente com 0,5 mL de decalina. Depois foi levado ao digestor por 1 hora até sofrer ebulição. Posteriormente foi levado para filtração em cadinho de porcelana com lã de vidro, lavando com água à 90°C e depois duas lavagens com acetona. Em seguida levado à estufa a 105°C e deixamos por 8 horas. Após isso foi deixado no dessecador para pesagem. Assim obteve-se a percentagem de FDA da amostra.

Para obtenção de FDN(fibra detergente neutro), pesou-se 0,35g de amostra e em seguida passou-se para o tubo digestor, após adicionamos 35 mL da solução de FDN, 0,12 g de sulfito de sódio e 0,5 mL de decalina. Depois foi levado ao digestor por 1 hora até sofrer ebulição. Posteriormente foi levado para filtração em cadinho de porcelana com lã de vidro, lavando com água a 90°C e depois duas lavagens com acetona. Em seguida levado à estufa a 105°C e deixamos por 8 horas. Após isso foi deixado no dessecador para pesagem. Assim obteve-se a percentagem de FDN da amostra.

Para obtenção do pH, pesou-se 10 g da amostra em um béquer de 250 mL, adicionou-se 100 mL de água destilada e posteriormente ficou em agitador magnético por 30 minutos, após isso foi deixada por 10 minutos em repouso. Depois escoou o sobrenadante para um béquer, onde mediu-se o pH.

Para a obtenção do grau brix, utilizou-se o sobrenadante também utilizado para medir o pH e foi levado para filtragem, que tinha como meio filtrante o algodão. Em seguida colocou-se algumas gotas no Refractômetro.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A composição química bromatológica do malte está na tabela 1. Consequente está à análise físico-químicas, na tabela 2.

Na análise bromatológica realizada, foram encontrados resultados que favorecem a produção de ração animal, pela sua alta concentração de proteína bruta e fibras. Segundo as análises realizadas por Geron et al. (2007), notou-se que obteve-se resultados satisfatórios relacionado a MS e PB. Conseguiu-se também uma grande quantidade de fibras. O fato de o malte ser composto de aproximadamente 70% de água, fez com que o volume de Matéria Seca (MS) da amostra, fosse pequeno.

**Tabela 1. Caracterização bromatológica do malte**

<b>Componentes</b>	<b>Total %</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Proteína bruta</b>	24,28	1,09
<b>Fibra em detergente neutra</b>	58,04	6,41
<b>Fibra em detergente ácida</b>	20,14	1,24
<b>Matéria seca</b>	25,35	-

Como observa-se na Tabela 1 para os valores de proteína bruta total encontrou-se 24,28%, teve-se uma variação de acordo com os resultados encontrados por Geron et al. (2007), que foi de 34,69%. As percentagens encontradas de FDN e FDA foram respectivamente 58,04% e 20,14%. O desvio padrão obtido em FDN foi de 6,41, já em FDA foi de 1,24. A percentagem de MS definitiva foi de 25,35%, estando com uma margem satisfatória quando comparada com os resultados de Geron et al. (2007), que encontraram 27,5%.

**Tabela 2. Características físico-químicas do malte**

<b>Características</b>	<b>Valores</b>	<b>Desvio Padrão</b>
<b>pH</b>	4,58	-
<b>Brix(g sólido/100mL de solução)</b>	2,75	0,35

O pH da amostra foi de 4,58, ou seja, a amostra é de caráter ácido, não obteve-se desvio padrão. Os estudos feitos com o grau brix nos mostrou que a amostra é pouco solúvel em água, o valor foi de 2,75. Houve um desvio padrão de 0,35.

Nas análises, obteve-se esta variação que é bastante compreensível quando se sabe que composição do malte varia por diversos fatores, tais como: a qualidade, o tempo de colheita, o maquinário utilizado na cervejaria, dentre outros.

## CONCLUSÕES

O malte apresentou altos teores de proteína e fibras, ideais para a composição da ração animal. Porém deve ser realizados mais estudos para verificar seus conhecimentos nutricionais , e se estão aptos para o consumo animal.

## REFERÊNCIAS

SILVA, D.J & QUEIROZ. Análise de alimentos (Métodos químicos e biológicos). 2a ed., Viçosa, MG: UFV. 2001, 178p.

GERON, Luiz Juliano Valério; ZEOULA, Lucia Maria. Silagem do resíduo úmido de cervejaria: uma alternativa na alimentação de vacas leiteiras. 2007. Disponível em:

<[http://www.pubvet.com.br/artigos\\_det.asp?artigo=310](http://www.pubvet.com.br/artigos_det.asp?artigo=310)>. Acesso em: 01 dez. 2013.

ASSIS, Letícia Marques de et al. ELABORAÇÃO DE FARELO A PARTIR DE BAGAÇO DE MALTE DE CEVADA PROVENIENTE DA INDÚSTRIA CERVEJEIRA. 2006. Disponível em:

<[http://www2.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo\\_expandido/CA/CA\\_00959.pdf](http://www2.ufpel.edu.br/cic/2006/resumo_expandido/CA/CA_00959.pdf)>. Acesso em: 01 dez. 2013.