

REVISTA

SODEBRAS

SOLUÇÕES PARA O DESENVOLVIMENTO DO PAÍS

VOLUME 8 - Nº 87 - Março/ 2013
ISSN - 1809-3957

ARTIGOS PUBLICADOS

PUBLICAÇÃO MENSAL
Nesta edição

FRUTOS AMAZÔNICOS COM BAIXA DENSIDADE ENERGÉTICA: QUAIS OS CONSTITUENTES NUTRICIONAIS? – Lucia Kiyoko Ozaki Yuyama; Jaime Paiva Lopes Aguiar; Carolina De Sousa Mathias; Luana Monteiro Da Silva; Francisca Das Chagas Do Amaral Souza	03
PERDAS DE NUTRIENTES DOS DEJETOS DE RUMINANTES NO PASTO E O EFEITO AMBIENTAL – Edison Antonio Pin; André Brugnara Soares; Jaime Augusto De Oliveira; Eduardo Rizzi Pin	07
VIABILIDADES ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL DO REUSO DE RESÍDUOS DE UMA CERÂMICA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA CONTABILIDADE DE CUSTOS ECOLÓGICOS – R.B. Klepa; J.D.S. Matos; R.R. Souza; F.A.C. Calarge1; T.M.B. Farias; J.C.C. Santana	13
USING TALLOW RBD IN STATIONARY DIESEL ENGINES – Agustin Valverde Granja; Mauricio Hernandez Sarabia; Cristian Laguna	19
AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO DE SACOLAS PLÁSTICAS – Suzan Aline Casarin; Osvaldo Francisco De Souza Júnior; José Augusto Marcondes Agnelli	26
INSERÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA DO ESTADO DO PARANÁ: ANÁLISE DO POTENCIAL PRODUTIVO – Gerson Maximo Tiepolo; Jair Urbanetz Junior; Osiris Canciglieri Junior	30
ENZYMATIC PRODUCTION OF METHYL/ETHYL ESTERS FROM FRYING OIL USING LIPASE IMMOBILIZED IN SILICA AND POLYPROPYLENE – Jucieli Weber; Deise J. Kolling; Ana C. M. Arisi; Jane M. Block	38

AVALIAÇÃO IN VIVO DA QUALIDADE PROTÉICA DA TORTA DO CUPUAÇU (THEOBROMA GRANDIFLORUM) – Margarete De Sá Soares; Francisca Das C. Do A. Souza; Jaime Paiva Lopes Aguiar; Grazielle Da Costa Pontes; Risonilce Souza; Maíra Schwertz; Joyce Fonseca Kikuchi; Silmara Pimentel; Larissa De Souza Kirsch; Lúcia K. O. Yuyama	45
PERSPECTIVA DE CARREIRAS EXECUTIVAS: DO MODELO TRADICIONAL AO MODELO “SEM FRONTEIRAS” – Vilson Vieira De Paula	49
AFERIÇÃO DE ORDENHADEIRAS MECÂNICAS NO SUDOESTE DO PARANÁ – Edison Antonio Pin; Jaime Augusto De Oliveira; José Augusto Horst; Jean Carlos Possenti; André Brugnara Soares; Debora Daneluz	57
LOCALIZAÇÃO REMOTA DE CADEIAS DE ISOLADORES DANIFICADAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO – José Feliciano Adami; Renato M. Capelini; Manuel L. B. Martinez; Marcel F. C. Parentoni; Fernando Luiz Azevedo; Clayton Homrich	60

Atendimento:
sodebras@sodebras.com.br
Acesso:
<http://www.sodebras.com.br>



FRUTOS AMAZÔNICOS COM BAIXA DENSIDADE ENERGÉTICA: QUAIS OS CONSTITUINTES NUTRICIONAIS?

LUCIA KIYOKO OZAKI YUYAMA¹; JAIME PAIVA LOPES AGUIAR¹; CAROLINA DE SOUSA MATHIAS¹; LUANA MONTEIRO DA SILVA¹; FRANCISCA DAS CHAGAS DO AMARAL SOUZA¹

1 - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA / INPA
jaguiar@inpa.gov.br

Resumo - Frutos amazônicos de baixa densidade energética são potencialmente nutritivos como fonte de elementos minerais? A limitação de informações em relação aos elementos minerais impõe a necessidade de ampliação do banco de dados objetivando a valorização desses frutos, o resgate cultural e a segurança alimentar. No entanto uma alimentação saudável e variada, com o consumo adequado de elementos minerais deve ser estimulada, principalmente por meio da utilização e valorização dos alimentos autóctones, dentre eles as frutas regionais, geralmente presentes na floresta e em fundo de quintal. Naturalmente, a maioria dos frutos compõe o hábito alimentar da população amazonense e outros não com tanta frequência. Por outro lado, existem poucos estudos em nível nacional identificando situações alimentares e nutricionais de populações, principalmente no que se refere ao consumo de micronutrientes. Com isso o presente estudo avaliou as características físico-químicas e os teores de elementos minerais nas frutas in natura. Foram utilizados abiu (*Pouteria caimito*), bacuri (*Platonia insignis* Mart), carambola (*Averrhoa carambola* L.), ingá-cipó (*Inga edulis*), mapati (*Pouroma cecropeaefolia* Mart.) e taperebá (*Spondias mombim* L.), coletados e adquiridos no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, INPA e km 08 da Br 174. Para a realização das análises dos elementos minerais as amostras foram digeridas em via úmida, segundo o método do Instituto Adolfo Lutz. Os elementos minerais quantificados foram: Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu. Entre os macroelementos analisados, evidencia-se maior concentração de potássio no ingá-cipó ($3,72\text{mg} \pm 1,48$) e menor concentração no bacuri ($1,2\text{mg} \pm 0,16$). O taperebá ($1,02\text{mg} \pm 0,10$) foi o fruto com a maior concentração de cálcio dentre os frutos estudados. Os frutos analisados apresentaram baixos teores de sódio, sendo, portanto, mais uma opção para os indivíduos que necessitam de dietas com restrição de sódio. O taperebá ($0,15\text{mg} \pm 0,48$) foi o fruto que apresentou a maior concentração de magnésio e o menor teor foi no ingá-cipó ($0,09\text{mg} \pm 0,38$). Entre os microelementos, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os frutos analisados em relação ao cobre, pois estes apresentaram valores ínfimos e abaixo do limite de detecção do aparelho utilizado. O ingá-cipó ($8,68\mu\text{g} \pm 0,24$) foi o fruto com a maior concentração de manganês e a carambola ($3,58\mu\text{g} \pm 0,20$) a menor concentração. A carambola apresentou a maior quantidade de zinco dentre os frutos analisados, com $11,75\mu\text{g} \pm 0,36$. O abiu ($0,15\mu\text{g} \pm 0,04$) foi o único fruto que apresentou concentração de ferro e os demais estiveram abaixo do limite de detecção. Nas condições do presente estudo, os frutos analisados apresentaram variação em relação aos macro e microelementos minerais, sendo que o potássio foi o elemento mineral em maior concentração.

Palavras-chave: Minerais Frutos amazônicos. Microelementos e Macroelementos.

I. INTRODUÇÃO

Dada a magnitude e a exuberância da flora amazônica muitas das fruteiras não tem o seu perfil nutricional totalmente elucidado, compondo assim, o instrumento da presente pesquisa no que concerne aos elementos minerais.

Os elementos minerais reconhecidos como essenciais são comumente divididos entre macroelementos (cálcio, fósforo, potássio, sódio, cloro, magnésio, enxofre) e microelementos (ferro, cobre, cobalto, manganês, zinco, iodo, flúor, molibdênio, selênio, cromo, silício), de acordo com as quantidades maiores ou menores em que são encontrados no organismo humano. A importância de sua inclusão na dieta tem sido amplamente discutida (OMS, 1995).

Para os seres humanos são necessárias a quantidade de 100 mg/dia ou mais de Macrominerais e Microminerais são necessários aqueles elementos que contribuem com menos de 0,01% do peso corporal (Mahan & Arlin, 1995).

A Ingestão Diária Recomendada (IDR) de elementos minerais varia em função do estágio de vida e sexo devendo ser consumida diariamente para atender às necessidades nutricionais da maior parte dos indivíduos e grupos de pessoas de uma população sadia (DRIs (2005)).

Para tanto é necessário que seja estimulada uma alimentação saudável e variada que contenha elementos minerais adequados, oriundas de alimentos autóctones dentre as quais, as frutas regionais naturalmente presentes na floresta e em fundo de quintal. Naturalmente, a maioria dos frutos compõe o hábito alimentar da população amazonense e outros não com tanta frequência.

E os frutos amazônicos de baixa densidade energética que compõem o presente estudo são potencialmente nutritivos como fonte de elementos minerais?

O abieiro, *Pouteria caimito* (Ruiz & Pav.) Radlk, é uma planta da Família Sapotaceae, considerada originária da região amazônica, nos limites do Brasil, Colômbia, Peru e Venezuela (Manica, 2000). Embora pouco explorado comercialmente, o abiu é uma fruta bastante conhecida nos trópicos, ao lado de outras sapotáceas, como o sapoti (*Manilkara zapota* L. von Royen), o canistel [*Pouteria campechiana* (Kunth) Baehni], o caimito (*Chrysophyllum cainito* L.) e o mamey [*Pouteria sapota* (Jacq.) Moore & Stearn] (Lederman *et al.*, 2001). O fruto do abieiro, apesar de muito popular é, às vezes, depreciado por conter no epicarpo um leite branco e viscoso que adere aos lábios de quem o consome. Não consta, até o presente, outra forma de consumo, a não ser *in natura* (Cavalcante, 1988).

O bacurizeiro (*Platonia insignis* Mart.), espécie frutífera da família das gutíferaceas, é uma planta arbórea, tipicamente tropical, cujas áreas de ocorrência abrangem os Estados do Pará, Maranhão, Piauí, Goiás e Mato Grosso, alcançando também o Paraguai. Os centros de origem e de diversidade da espécie estão localizados no Pará, onde são encontradas ampla variação de forma e tamanho de frutos, rendimento e qualidade de polpa, além de outras características de interesse econômico (Souza *et al.*, 2001). Seu fruto pode ser utilizado tanto na forma *in natura* quanto na agroindústria (Ferreira, *et al.*, 1987).

A caramboleira (*Averrhoa carambola* L.), árvore de porte médio da família Oxalidaceae, é nativa do Sudeste asiático e requer condições de clima tropical ou subtropical quente para o seu cultivo (Gomes, 1989). Seus frutos têm conquistado nos últimos anos novos apreciadores e consumidores no mercado europeu, pelo sabor e forma exótica que possuem. A polpa é consumida fresca e na forma de geléias, molhos, compotas e picles, variando o seu sabor de doce a muito ácido (Donadio, 1998). Trata-se, também, de um alimento muito perecível, pois possui cerca de 94% de umidade (Balbach & Boarim, 1992), o que o torna susceptível ao ataque microbiano.

O ingazeiro tem uma larga distribuição na América do Sul, abrangendo todo o Brasil, provavelmente excetuando o extremo sul; distribui-se ainda pelos países do Norte e Leste do continente, a América Central e Índias Ocidentais. Segundo Ducke (1949) existem duas espécies de *Inga edulis*: a var. *parvifolia* e a var. *typica*. Esta última que corresponde à descrição acima, é o verdadeiro ingá-cipó, tem flores relativamente grandes e frutos muito compridos, grossos e parece só existir em lugares habitados onde é abundantemente cultivada (Cavalcante, 1988).

O mapati é uma espécie nativa da parte ocidental do Amazonas (alto Rio Negro e Solimões), muito cultivada pelos índios e o homem branco daquela região, principalmente nas fronteiras com o Peru e Colômbia, “abundantíssima nos arredores de Iquitos” (Ducke, 1946). Os frutos do mapati são muito parecidos com a uva comum e até o próprio cacho é semelhante, embora não tenha a delicadeza daquela. Comem-se os frutos do mesmo modo, sugando a polpa e desprezando-se as cascas e sementes (Cavalcante, 1988).

O taperebá, frutífera da família Anacardiaceae e originária da América tropical, encontra-se distribuído em todas as regiões do Brasil, sendo conhecido, também, por vários outros nomes populares, como cajazeiro, cajazeira, cajá, cajá-mirim, cajazeiro-miúdo, acajá, acajaíba, imbuzeiro e cajá azedo (Braga, 1976; Cavalcante, 1988). O fruto do taperebá é um dos mais apreciados na região, principalmente o refresco, o sorvete e o picolé, dele fabricados (Cavalcante, 1988).

II. MATERIAL E MÉTODOS

Material

Foram utilizados abiu (*Pouteria caimito*), bacuri (*Platonia insignis* Mart), carambola (*Averrhoa carambola* L.), ingá-cipó (*Inga edulis*), mapati (*Pouroma cecropeaefolia* Mart.) e taperebá (*Spondias mombim* L.) coletados e adquiridos no INPA e na Br 174, km 08. Após a coleta, os frutos foram transportados até o Laboratório de Alimentos e Nutrição - LAN da Coordenação de Pesquisa

em Ciências da Saúde (CPCS), onde foram selecionados para a realização das análises físico-químicas, usando um paquímetro para a determinação de medidas de comprimento e diâmetro. Os frutos foram pesados em balança semi-analítica, da marca Marte, modelo AS 5500, extraídos o epicarpo e a semente, seguido do congelamento em bandejas de aço inoxidável devidamente desmineralizadas com Ácido Etilenodiaminotetraacético-EDTA 2% e submetidos a liofilização até peso constante, para a determinação de umidade. Uma vez desidratado, os frutos foram macerados em um gral de porcelana, homogeneizados e acondicionados em potes de polietileno até o momento das análises.

Métodos

As determinações dos teores de minerais foram realizadas segundo o método do Instituto Adolfo Lutz (2005), e de acordo com o manual da Varian (2000). A digestão das amostras via úmida consistiu na mineralização da matéria orgânica com a utilização de ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, seguido do resfriamento e diluição com água desionizada e leitura.

A leitura direta das amostras diluídas foi realizada em espectrofotômetro de absorção atômica (AAS), Varian 2000, modelo 220FS, com lâmpadas específicas conforme o manual do fabricante. Os elementos minerais quantificados foram: Ca, K, Na, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu. Para o controle das análises foram utilizadas as recomendações segundo Cornelis (1992), tendo como material de referência *Peach leaves* (NIST-SRM 1547). A fim de minimizar a contaminação por metais, especialmente o mineral em estudo, toda a vidraria foi lavada e desmineralizada em solução de ácido nítrico a 30%, *per noite*, e enxaguada com água desionizada por no mínimo 6 vezes e secas em estufa. Os dados foram analisados de acordo com o “Teste de Tukey- HSD (Tukey Honest Significance Difference)”, considerando um nível de significância de 5% (Gomes, 1987).

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a Tabela 1, pode-se observar que o abiu foi o fruto que apresentou o maior peso, 117,28g, e percentual da parte comestível 60%. As análises físicas (Tabela 2) demonstram valores similares aos de Cavalcante (1988).

O bacuri apresentou um peso médio de 17,37g e percentual de polpa de 49% diferindo dos estudos realizados por Guimarães (1992), Teixeira (2000) e Carvalho (2003). Salienta-se que as variações físicas entre os frutos são perfeitamente justificáveis em função das diferentes espécies encontradas na Região Norte.

A carambola apresentou um peso médio de 91,32g e polpa 66% (Tabela 1). As análises físicas (Ta 2) demonstram valores semelhantes aos de Campbell *et al.*, (1989), que relataram variações no comprimento, 10,01-7,6cm e no diâmetro, 6,3 - 4,7cm.

O mapati, com 2,48cm de comprimento e 2,51cm de diâmetro, equiparou-se com a encontrada por Cavalcante (1988), 2 - 4cm de diâmetro, podendo ser considerado esférico. Dos frutos analisados, o mapati foi o segundo fruto com maior rendimento de polpa (63%).

O taperebá com peso médio na ordem de 7,66g e 2,54g de semente pode ser comparado com a jacaicá, pois são frutos da mesma família, Anacardiaceae. Segundo Cavalcante (1988), este possui cerca de 2 – 3 cm de altura, equiparando-se - se com o taperebá, 2,89cm, diferindo no diâmetro, pois a jacaicá possui cerca de 4 – 5cm e o fruto analisado, 2,07cm.

Tabela 1 - Relação das frutas com os respectivos nomes científicos e variáveis Físico-química.

Nome Vulgar	Nome Científico	Peso do Fruto	% da parte comestível
Abiu	<i>Pouteria caimito</i>	117,28 ± 34,01*	59,85 ± 4,36*
Bacuri	<i>Scheelea phalerata</i>	17,37 ± 5,18*	48,68 ± 7,79*
Carambola	<i>Averrhoa carambola</i>	11,32 ± 22,47*	66,48 ± 3,28*
Mapati	<i>Pourouma cecropifolia</i>	10,12 ± 1,40*	63,50 ± 3,08*
Taperebá	<i>Spondias mombin</i>	7,66 ± 2,30*	53,13 ± 7,30*

*Desvio padrão

Tabela 2 - Relação dos frutos com as respectivas análises físicas.

Frutos	Casca (g)	Semente (g)	Altura (cm)	Diâmetro (cm)
Abiu	38,81 ± 12,53*	8,48 ± 3,34*	5,83 ± 0,56*	5,49 ± 0,53*
Bacuri	4,43 ± 1,29*	5,45 ± 2,48*	3,53 ± 0,41*	3,13 ± 0,46*
Carambola	29,91 ± 6,56*	0,44 ± 0,52*	8,82 ± 1,40*	5,07 ± 0,47*
Mapati	1,53 ± 0,23*	2,13 ± 0,23*	2,48 ± 0,17*	2,51 ± 0,20*
Taperebá	1,11 ± 0,57*	2,54 ± 1,10*	2,89 ± 0,26*	2,07 ± 0,23*

*Desvio padrão

Dentre os macroelementos minerais, nos frutos analisados, constatou-se que o potássio foi o elemento mineral que apresentou a maior concentração. Dentre os frutos, o ingá-cipó (3,72 ± 1,48) (Tabela 3) foi o que apresentou a maior concentração de potássio seguido do taperebá com 3,25 ± 1,28 (Tabela 3). Entretanto, seu valor é inferior quando comparado com a cajá-manga 119mg, de acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO, 2006). Se a recomendação é de 4700 mg/dia de potássio DRIs (2005), o ingá cipó contribui com 0,08%. Pode-se constatar ainda que o taperebá destaca-se por apresentar a maior concentração de cálcio (1,02 ± 0,10). O cálcio é um dos elementos minerais mais limitantes nas dietas de pré- escolares (Yuyama *et al.*, 1999) e adultos (Yuyama *et al.*, 1995), o que demonstra a necessidade de fontes alimentícias. Se considerarmos a ingestão adequada de cálcio de 1000 mg por dia DRIs (2005), o taperebá, na forma *in natura*, contribui com 0,10% das recomendações.

O mapati foi o fruto que apresentou a maior concentração de sódio, $p > 0,05$, com 0,24 ± 1,15 (Tabela 3) e a menor concentração o taperebá. Entre o abiu (0,16 ± 0,13), carambola, (0,17 ± 0,37) e o ingá-cipó (0,14 ± 0,40) (Tabela 3) não houve diferença significativa de acordo com o Teste de Tukey, com 5% de significância. Se considerarmos a recomendação de 1500mg/dia de sódio o fruto de maior concentração contribuiu com 0,016%, o que sugere a indicação dos mesmos a indivíduos com restrição de sódio. De acordo com a Tabela 3, o magnésio é o elemento mineral com a menor concentração dentre os frutos analisados. O taperebá (0,15 ± 0,48) foi o fruto que apresentou o maior teor. Quando comparado com o cajá – manga (11mg) (TACO, 2006), que é pertencente à mesma família, verifica-se que o seu valor é ínfimo. Em relação ao manganês, o ingá-cipó (8,68 µg ± 0,24) apresentou o maior teor ($p > 0,05$) e a menor concentração na carambola (3,58 µg ± 0,20) (Tabela 4). A concentração de zinco foi elevada na carambola

(11,75 µg ± 0,36) e menor concentração no bacuri (3,46 µg ± 0,46), seguido do mapati (3,35 µg ± 0,31) (Tabela 4). Como pode ser visto na Tabela 4, o abiu (0,15 µg ± 0,04) foi o único fruto que apresentou concentração de ferro. Os demais foram classificados como elementos traços. Quando comparado com a TACO (2006), que apresentou 0,2 µg de ferro no abiu, percebe-se que o fruto analisado equiparou-se com o comparado. Em termos de escala, se considerarmos as recomendações, os teores de manganês, zinco e ferro nos frutos analisados, estão na ordem de milésima parte de miligrama, o que significa concentrações ínfimas quando comparado com as recomendações de 2,3 mg de manganês para o homem e 1,6mg por dia para a mulher e 11mg/dia de zinco para homens e 9 mg ± dia para mulheres DRIs (2005). Dentre os frutos analisados, todos apresentaram valores inexpressivos de cobre, abaixo do limite de detecção do aparelho utilizado, necessitando, portanto da análise via forno de grafite ou ativação com nêutrons.

Tabela 3 - Teores de macrominerais em alguns frutos amazônicos em 100g de polpa integral.

Frutos	Na (mg)	K (mg)	Ca (mg)	Mg (mg)
Abiu	0,16 ± 0,13 ^{ab}	2,78 ± 0,23 ^c	0,42 ± 1,79 ^b	0,12 ± 0,47 ^{abc}
Bacuri	0,09 ± 0,20 ^b	1,2 ± 0,16 ^e	0,27 ± 1,53 ^c	0,14 ± 0,07 ^{ab}
Carambola	0,17 ± 0,37 ^{ab}	2,78 ± 1,57 ^c	0,20 ± 1,42 ^c	0,10 ± 0,15 ^{bc}
Ingá-cipó	0,14 ± 0,40 ^{ab}	3,72 ± 1,48 ^a	0,69 ± 3,40 ^a	0,09 ± 0,38 ^c
Mapati	0,24 ± 1,15 ^a	1,45 ± 0,65 ^d	0,43 ± 0,69 ^b	0,11 ± 0,05 ^{abc}

As mesmas letras seguidas no sentido vertical não diferem entre si em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tr = Elementos Traços- Abaixo do limite de detecção

Tabela 4 - Teores de microminerais em alguns frutos amazônicos em 100g de polpa integral.

Frutos	Mn (µg)	Zn (µg)	Fe (µg)	Cu (µg)
Abiu	6,66 ± 0,47 ^b	7,58 ± 0,07 ^b	0,15 ± 0,04	Tr
Bacuri	5,08 ± 0,34 ^c	3,46 ± 0,46 ^d	Tr	Tr
Carambola	3,58 ± 0,20 ^d	11,75 ± 0,36 ^a	Tr	Tr
Ingá-cipó	8,68 ± 0,24 ^a	6,25 ± 0,08 ^c	Tr	Tr
Mapati	6,41 ± 0,31 ^b	3,35 ± 0,31 ^d	Tr	Tr

As mesmas letras seguidas no sentido vertical não diferem entre si em nível de 5% de significância pelo teste de Tukey.

Tr = Elementos Traços

IV. CONCLUSÃO

Os frutos analisados apresentaram concentrações variadas de elementos minerais, sobressaindo-se o potássio com teores expressivos para a maioria dos frutos, assim como concentrações importantes de cálcio e valores inexpressivos de ferro e cobre. Dessa forma, espera-se estar contribuindo na ampliação na Tabela de Composição Química de Alimentos e na incorporação dos mesmos na alimentação da população amazonense.

V. REFERÊNCIAS

- Balbach, A.; Boarim, D.S.F. 1992. *As frutas da medicina natural*. 2ed. Itaquaquecetuba: Vida Plena. 316p.
- Braga, R. *Cajazeira*, In: Braga, R. 1976. *Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará*. Mossoró: ESAM. (Coleção Mossorensis, 42) 3: 103.
- Campbell, C.A.; Huber, D.J.; Koch, K. E. 1989. *Postharvest changes in sugars, acids, and color of Carambola fruit at*

- various temperatures. HortScience, Alexandria, 24(3): 472-475.
- Carvalho, J. E. U. de. 2003. Características Físicas e Físico-Químicas de um tipo de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com rendimento industrial superior. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal – SP. 25(2): 326-328.
- Cavalcante, P. B. 1988. *Frutas comestíveis da Amazônia*. 4ed. Belém: Museu Emílio Goeld, (Coleção Adolpho Ducke). 279p.
- Cornelis, R. 1992. Use of references materials in trace element analysis of fustuffs. *Food Chem.* 43: 307-313.
- Dietary Reference Intakes (DRIs): *Recommended Intakes for individuals, Elements*. 2005. Food and Nutrition Board, Institute of medicine, National Academies. www.books.nap.edu
- Donadio, L.C.; Nachtigal, J.C. & Sacramento, C.K. 1998. Frutas exóticas. Funep, Jaboticabal, SP. 279p.
- Ducke, A. 1946. *Plantas de cultura pré-colombiana na Amazônia Brasileira; notas sobre as espécies ou formas espontâneas que supostamente lhes teriam dado origem*. Bol.Tecn.IAN. 8ed. Belém. (8).
- Ducke, A. 1949. Notas sobre a flora neotropical-II. *As leguminosas da amazônia brasileira*. Bol.Tecn. Inst. Agron.Norte. 2ed. Belém. 18:249.
- Ferreira, F.R.; Ferreira, S.A.N.; Carvalho, J.D.U. 1987. Espécies frutíferas pouco exploradas, com potencial econômico e social para o Brasil. *Revista brasileira de Fruticultura*. 9(2): 11-22.
- Gomes, F.P. 1987. *Curso de estatística experimental*. 12 ed. Piracicaba: Nobel. 467p.
- Gomes, R. P. Fruticultura brasileira. 1989. Nobel, São Paulo. 446p.
- Guimarães, A.D.G.; Mota, M.G. da C.; Nazaré, R.F.R. de. 1992. *Coleta de germoplasma de bacuri (Platonia insignis Mart.) na Amazônia. I. Microrregião Campos do Marajó (Soure/Salvaterra)*. Belém: Embrapa-CPATU. (Boletim de Pesquisa, 132). 23p.
- IAL. Instituto Adolfo Lutz. 2005. *Normas analíticas, métodos químicos e físicos para análises de alimentos*. 4 ed. São Paulo. 1018 p.
- Lederman, I.E.; Silva Junior, J.F.; Bezerra, J.E. F; Moura, R.J.M. 2001. *Sapotizeiro (Manilkara zapota L. von Royen)*. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Fruticultura. 71p.
- Mahan, L.K.; Arlin, K. Krause.1995. *Alimentos, Nutrição e Dietoterapia*. 8 ed. São Paulo: Roca. 957p.
- Manica, I. 2000 *Frutas nativas, silvestres e exóticas 1*. Porto Alegre: Cinco Continentes Editora. 327p.
- OMS. 1995. **CID-10**. OMS Tradução Centro Colaborador da OMS para Classificação de Doenças em Português. 2ª ed.- São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo.
- Souza, V.A.B.; Araújo, E.C.E.; Vasconcelos, L.F.L.; Lima, P.S.C. 2001. Variabilidade das características físicas e químicas de frutos de germoplasma de bacuri da região meio-norte do Brasil. *Revista brasileira de Fruticultura*. 23(3): 677-683.
- TACO. 2006. *Tabela Brasileira de Composição de Alimentos*. 2ed. Campinas, SP. 113p.
- Teixeira, G.H. de A. 2000. *Frutos do bacurizeiro (Platonia insignis Mart.): caracterização, qualidade e conservação*. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista. 106.
- VARIAN. 2000. *Analytical Methods Flame Atomic Absorption Spectrometry* Spectro AA, 220 FS. 146p
- Yuyama, L.K.O.; Aguiar, J.P.L.; Macedo, S.H.M.; Yonekura, L.; Nagahama, D.; Alencar, F.H. 1999. Perfil nutricional da dieta dos pré-escolares do Município de Nhamundá – AM, Brasil. *Acta Amazonica*. 29(4): 651-54.
- Yuyama, L.K.O.; Cozzolino, S.M.F. 1995. Determinação dos teores de Zn, Fé, Ca, Se, Cu, K, Mg e Mn na dieta regional de Manaus, AM. *Ver. Inst. Adolfo Lutz*. 55(1): 45-50.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



PERDAS DE NUTRIENTES DOS DEJETOS DE RUMINANTES NO PASTO E O EFEITO AMBIENTAL – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA –

EDISON ANTONIO PIN¹, ANDRÉ BRUGNARA SOARES¹, JAIME AUGUSTO DE OLIVEIRA², EDUARDO RIZZI PIN³

1 - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO, UTFPR, CÂMPUS PATO BRANCO - PR;

2 - DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA, UTFPR, CÂMPUS DOIS VIZINHOS - PR;

3 - GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA, UTFPR, CÂMPUS DOIS VIZINHOS - PR.

edisonpin@gmail.com; andrebrugnara@hotmail.com;

jaimeaoliveira@hotmail.com; eduardorpin@gmail.com

Resumo - O manejo de ruminantes em pastejo para produção de leite, carne ou lã é uma alternativa viável nas condições brasileiras. Para que os níveis de produtividade sejam alcançados são necessárias medidas racionais sobre a interface solo-clima-planta e animal. Pois concomitante aos retornos econômicos, a presença dos dejetos nas pastagens pode ter efeitos positivos pela reciclagem de nutrientes no sistema ou negativos em relação às perdas de elementos minerais e o impacto ambiental. Dessa maneira os estudos sobre o comportamento dos animais em pastejo são importantes para tomada de atitudes que visem o equilíbrio no ecossistema.

Palavras-chave: Dejetos na Pastagem. Perda e Reciclagem de Nutrientes. Impacto Ambiental.

I. INTRODUÇÃO

A diversidade dos sistemas de produção no Brasil, as situações climáticas distintas e solos com fertilidade baixa influem na qualidade das pastagens, limitando a ingestão dos nutrientes necessários pelos animais. A prática contínua de adubações não é comum prevalecendo à deposição de fezes durante os pastejos como meio de reposição de nutrientes nos campos forrageiros. Mas a quantidade de elementos mineralizantes para o solo via fezes de ruminantes é variável, estando em função dos componentes alimentares ingeridos atendendo a demanda dos animais. Este fato precisa ainda ser esclarecido e quantificado, pois se concebe que 60 a 99% do que ingerido é revertido para a pastagem nas excretas (BARROW, 1987).

As perdas de nutrientes decorrentes dos dejetos de animais na forma de fertilizantes acontecem por mecanismos físicos como a lixiviação e o escoamento superficial e na forma gasosa. Os microorganismos que decompõem a matéria orgânica do solo metabolizam os nutrientes e emitem gases e os nitratos de fosfatos comprometem a qualidade das águas bem como organismos patogênicos liberados no ar provocam odores desagradáveis. De acordo com MONTEIRO E WERNER (1997) o ruminante converte energia que foi assimilada pelas plantas via fotossíntese em produto animal, e grande porções de nutrientes são reciclados pelas fezes e urina no sistema solo-planta-animal. Nos métodos intensivos de produção as excretas dos animais têm participação efetiva na reciclagem dos nutrientes, que está relacionada com a distribuição dos

dejetos nas pastagens, dos locais alocados pelas fezes e pela quantidade de nutrientes (CANTARUTTI *et al.*, 2001).

O manejo intensivo de animais a pasto imprime um impacto no ambiente que deve ser considerado. Nesses termos ATKINSON & WATSON (1996), indicam algumas atitudes como diminuir a poluição via práticas de manejo, identificando o perfil da fauna e flora do solo, implantando tecnologias de ponta, diversificando as rotinas da fazenda, variando as rotações de manejo e compatibilizando a taxa de lotação à capacidade de suporte da propriedade.

Os dejetos de animais podem ser destinados para os sistemas de produção orgânica, onde se preconiza a reposição de nutrientes mantendo e melhorando a fertilidade do solo dando maiores alicerces a produção. Porém o uso inconsciente dos excrementos como fertilizante causa danos ambientais pela contaminação superficial, da água e dos solos subterrâneos (EMBRAPA, 2010). Pois os procedimentos agrícolas são interligados ao ecossistema da propriedade, dessa maneira precisam ser manejados de forma racional para alcançar os objetivos de produtividade. De acordo com ADAMI (2009), a intensificação do pastejo deve integrar os indicativos de produção ao suporte do solo, da planta e dos animais em sistemas integrados de lavoura-pecuária. O mesmo autor enfatiza que a sustentabilidade ambiental, econômica e social deve nortear os trabalhos propiciando a ciclagem de nutrientes, incorporados a produção vegetal e animal viabilizando as atividades agropecuárias.

Considerando que a produção intensiva de forragens de bovinos, seus dejetos e a dificuldade de recolhimento e tratamento dos efluentes provoca alterações ambientais, esta revisão investiga as perdas de nutrientes dos dejetos no pasto e o seu impacto no meio ambiente.

Componentes do sistema produtivo de animais em pastejo

O solo é a base da composição produtiva podendo limitar ou favorecer o crescimento das plantas em função de sua capacidade de suprir nutrientes, água e oxigênio. Assim as aplicações tecnológicas devem ser prioritárias para melhorar a qualidade do solo. Uma pastagem pode se degradar se não houver um manejo correto, portanto os recursos do solo são imprescindíveis para elevar a capacidade de produção vegetal e animal. Os minerais

necessários para o crescimento da vegetação estão presentes como o fósforo, o potássio e vários íons, assim como na estrutura do solo existe ar e água fundamentais para o desenvolvimento de raízes. Os organismos vivos auxiliam na mineralização dos nutrientes nas formas orgânicas para inorgânicas assimiláveis pelas plantas. A matéria orgânica presente influencia na fixação, armazenagem e liberação de nutrientes e participa da capacidade de troca de cátions (CTC) mantendo a parte viva do solo. De acordo com LOPES (1984) a matéria orgânica é responsável por 70% do CTC, o que o torna indispensável no processo produtivo. Contudo é baixa a fertilidade natural nos trópicos, em função da intemperização e lixiviação de nutrientes.

Na região sul do Brasil o uso intensivo de revolvimento do solo provocou a desestruturação, reduzindo a taxa de infiltração de água e promovendo as enxurradas e erosões. E a falta de cobertura danificou o enraizamento das plantas e afetou a produtividade das culturas. O sistema de plantio direto, o preparo a correção e fertilização, rotação de culturas e o terraceamento foram algumas alternativas importantes para recuperação dos solos (EMBRAPA, 2005). Bem como o sinergismo integrado lavoura-pecuária (ILP) agregou os potenciais e incrementou as produções. E a presença do animal em pastejo nos ciclos entre culturas dinamizou a ciclagem de nutrientes no processo aumentando os níveis de matéria orgânica do solo e os seus benefícios produtivos (CARVALHO & MORAES, 2009).

O clima é fator decisivo para o desenvolvimento das forrageiras e por conseqüência o desempenho animal. Como relatos de Pereira (1984) sobre as regiões sudeste e centro-oeste do Brasil em que ocorre alternância de ganhos e perdas de peso em relação às estações chuvosas e secas. Sendo a pastagem o principal recurso para ruminantes está atrelada a indicadores econômicos, diversidade climática e de espécies para o melhor rendimento de animais em pastejo. Porque as épocas de semeadura para a maioria das forrageiras é abrangente no território nacional podendo iniciar com as primeiras chuvas de setembro a março sendo fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento das pastagens, principalmente as suplementadas com nitrogênio (KICHEL & KICHEL, 2001). Dessa forma a oferta de forragem depende da taxa de crescimento das forrageiras e mais ainda do clima (chuva, temperatura, radiação solar). PEDREIRA *et al* (2001) estabeleceram que temperaturas entre 15 a 22 são adequadas para plantas do tipo C3 e entre 22 a 35 para plantas C4 favorecendo o crescimento e o metabolismo fotossintético. O excesso de chuvas pode lixiviar nitratos e fosfatos para as águas tornando-se um potencial poluidor ambiental. Para evitar tal situação medidas corretas de manejo de animais em pastejo são necessárias.

O planejamento das práticas de pastejo deve considerar as variáveis-controles como a taxa de lotação, oferta de forragem, período de descanso, resíduo pós-pastejo, época, tipo e taxa de fertilização e conservação. Para que a interface planta-animal proporcione os melhores desempenhos da produção. E, segundo NABINGER (1996), a interferência do homem nas atividades de pastoreio deve garantir a persistência do ecossistema, a oferta de acordo com a demanda para produção animal, e a viabilidade econômica do sistema.

No ambiente equilibrado existem três elementos a considerar: a vegetação, o ar e o solo como constituinte

principal da matéria orgânica do solo. Que nutre a planta renovando assintoticamente com o auxílio dos microorganismos produzindo gás carbônico. Este composto se mantém estável na natureza desde que interferências humanas não provoquem o desequilíbrio liberando mais CO₂ na atmosfera (PRIMAVESI *et al.*, 2002). Outro potente gás de efeito estufa, proveniente das reações microbiológicas de nitrificação e desnitrificação é o óxido nitroso (MOZETO, 2001). A participação dos GEE em nível mundial é de 60% para o CO₂ e 5% para o N₂O já no Brasil o CO₂ representa 67% e o N₂O 13% (EMBRAPA, 2006). A produção animal é fruto de rebanhos em regime de pastejo na maioria das regiões do Brasil daí a relevância que as plantas forrageiras têm na alimentação animal.

II. PERDAS DE NUTRIENTES DOS DEJETOS NA PASTAGEM

As partes da planta consumidas pelos ruminantes são processadas na mastigação e ruminação reduzindo-as em partículas menores que sofreram a digestão, absorção e eliminação permitindo o reaproveitamento de nutrientes que serão mineralizados no solo (RUSSELLE, 1997; NABINGER, 2005). Esta reciclagem incrementa os microorganismos no solo decompondo os materiais e disponibilizando elementos nutritivos para a planta (ARCHER & SMEINS, 1991). Entretanto existe uma série de variáveis que afetam a completa uniformidade de deposição de fezes no campo de pastejo, influenciando na distribuição ampla nos nutrientes retornados. As fezes de ruminantes em pastejo sofrem alguns impactos para se degradarem e liberarem nutrientes. Pela quebra física das gotas de chuva e o pisoteio dos animais e na degradação biológica por ação dos fungos, bactérias e minhocas (HAYNES & WILLIAMS, 1993).

No pastejo controlado do sistema rotacionado a maximização da distribuição das excretas é mais limitada do que sob pastejo contínuo bem como a densidade de lotação apropriada uniformiza melhor as placas de fezes nas pastagens (PETERSON & GUERRISH, 1996). Nos pastejos contínuos as dejeções são mais concentradas próximas a bebedouros e comedouros já no rotacionado os animais não criam o hábito de pastear em pontos específicos desde que não haja no piquete local de acesso a água ou cocho. Portanto nas duas maneiras há possibilidade de concentração de nutrientes ou não dependendo da forma como foi estruturado. Pode-se acrescentar que a taxa de lotação animal, a maneira do pastoreio, locais de ócio e fatores diretamente ligados ao animal como raça, espécie e sexo, participam deste processo. Incidindo sobre a frequência de excreção e micção que pode ocorrer próxima a aguadas, sombras e locais de preferência topográfica dos animais. É o que MATHEUS & SOLLENBERGER (1996), corroboram em que a categoria, escore da condição corporal, status fisiológico, grau de consumo de forragem e etapa de produção oscilam na proporção de minerais retidos ou excretados pelos animais. Ressaltando sobre o comportamento dos ruminantes que defecam onde pernoitam ou ruminam durante o dia, já as micções são feitas nos locais de pastoreio nos períodos de luminosidade. Nessas circunstâncias o potássio e o nitrogênio são espalhados, e o fósforo oriundo das fezes fica nas áreas de descanso. Em dias quentes em temperatura de 27 °C, 26 a 29% das defecações e 44 a 53% das micções acontecem nas

áreas de sombreamento, já a temperaturas de 23° C somente 11% das micções e defecações ocorrem na sombra (HUMPHREYS, 1991).

Uma área pastejada por animais com rendimento de 15.000 kg/ha terá um retorno de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio de 100, 78, 45 e 14 kg/ha respectivamente (HAYNES & WILLIAMS (1993). A quantidade de esterco (água e matéria seca) que um bovino produz por ano é de 15.184 kg, destes 78,9 kg é nitrogênio, 20,6 kg fósforo, 93,6 kg potássio e 35,9 kg cálcio e magnésio (KIEHL, 1985). O retorno de nutrientes como fezes de 93,28% do N, 76,68% do P, 17,99% do K, 72,93% do Ca e Mg 62,54% do que foi ingerido pelos bovinos em pastagem de *Brachiaria decumbens* (BRAZ, *et al* (2002). Segundo os autores, estes valores significam 18,09% do N, 35,46% do P, 5,47% do K, 30,26% do Ca e 15,43% do Mg que estão disponibilizados nas forragens.

A concentração de fósforo nas fezes foi influenciada pela suplementação fosfatada na pastagem, resultando em 3,8 g/kg de fezes (RODRIGUES *et al.*, 2008). Ainda em relação à urina a os traços de fósforo não contribuíram na reciclagem deste elemento com 0,24 g/animal/dia. Deduzindo que o fósforo tem perdas substanciais no meio ambiente, porque é absorvido e retido em pequenas quantidades e a maior porção excretada nas fezes na proporção de 60 a 80% do ingerido (FRANCO, 2009). Com o tempo este elemento acumula-se no solo saturando-se e infiltrando-se até atingir o lençol freático ou mesmo permanecendo na água da superfície promovendo a eutrofização. Os herbívoros são ineficientes na absorção do fósforo sendo a primeira rota de excreção via fecal. Nas fezes o fósforo tem origem da dieta (não absorvido) e principalmente do fósforo endógeno (saliva) onde ocorrem as maiores perdas. Segundo SILVA FILHO *et al* (2000) nas fezes de novilhos nelores a excreção de fósforo foi de 4,50; 6,35 e 8,05 gramas por dia.

O conjunto das perdas por volatilização (N), fixação (P), lixiviação (N e K), erosão e o desequilíbrio na ciclagem nos nutrientes minerais no decorrer dos anos acontece quando a mineralização não decorre com a demanda de nutrientes da pastagem (NABINGER, 1996). De acordo com SAUNDERS (1984) nas fezes são eliminados o fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn), Zinco (Zn) e cobalto (Co) e pela urina o nitrogênio (N), potássio (K), boro (B) e pequenas porções de sódio (Na). A perda do enxofre por lixiviação em pastagens alojadas com carneiros foi de 6,7; 23,9 e 43,2 kg de S/ha ano em pastagens adubadas com 0; 21 e 42 kg S/ha ano de superfosfato simples, acrescido da perda pela excreção dos animais e por fertirrigação, biomassas residuais e chuvas (NGUYEN & GOH (1994).

Analisando um ano de pastejo observou-se que as defecações e micções cobrem 35% da pastagem sendo 23,7% como urina e 11,8% como fezes, não incluindo as superposições de excretas. Estando da dependência das condições edafoclimáticas, porte do animal e da dieta (MATHEWS & SOLLEMBERGER, 1996). Na média um bovino adulto urina 8 a 12 vezes 1,6 a 2,2 litros e defeca 11 a 16 vezes 1,5 a 2,7 kg por vez ao dia cobrindo áreas de 0,028 e 0,09m². BRAZ *et al* (2002) relatou uma frequência a defecações de 9,84 placas de fezes por animal por dia com peso médio de cada evento de 200,5 g (MS), a placa cobriu 0,0474 m² de superfície computando 0,47 m² por dia por

animal. Os ovinos urinam 18 a 20 vezes e defecam 7 a 26 vezes por dia, e os carneiros excretam 0,11 a 0,19 litros por dia sendo que nos ovinos o peso médio da defecação oscila de 0,03 a 0,17 kg (HAYNES E WILLIAMS, 1993). Os mesmos autores ressaltam que 15 a 25 % do N da urina se perdem por volatilização da amônia, principalmente se o ambiente for quente e seco.

Trabalho com a raça nelore em dois sistemas intensivos de pastejo rotacionado, demonstraram que o tempo médio de desintegração das fezes foi de 65,58 dias, podendo auxiliar na programação das adubações (PASCOA, 2001). As excreções ocorridas durante o pastejo permitem a ciclagem de elementos minerais, no entanto as dejeções realizadas no descanso e durante a ruminação são perdas no ciclo de nutrientes na pastagem. Nesse sentido bovino e ovino possuem distintos modos de distribuição das excreções possivelmente relacionados com o tempo gasto em pastejo em contrapartida a outras atividades de rotina (WILKINSON & LOWREY, 1973).

Impacto ambiental dos dejetos de ruminantes

A bovinocultura de leite impacta a natureza pelo sistema intensivo de criação, quer seja confinado, semi-confinado ou a pasto. Em relação aos estrumes de uma vaca leiteira, OLTJEN; BECJETT (1996) descrevem a quantidade de 14.000 kg por ano. Estes excrementos são direcionados em fossas esterqueiras nos sistemas fechados, porém no manejo mais extensivo no pasto, o volume exportado é considerável, ao mesmo tempo em que ocorre um esgotamento da capacidade do solo e das vias hídricas de absorvê-lo. Os dejetos podem sofrer tratamentos específicos em lagoas de decantação anaeróbicas, entretanto são estruturas caras para o Brasil. Por outra forma são depositados diretamente nas lavouras ou em compostagem (SUKIAS, 2003; TAMMINGA, 2005). Estes métodos são ineficazes contra bactérias como coliformes, bactérias termotolerantes e vírus que advém das águas residuais ou dos adubos (DENG; CLIVER, 1995).

A grande preocupação reside nos problemas no manejo do esterco em relação aos aspectos físicos ou químicos, como exemplo, os nitratos e fosfatos sobre as águas, mas os agentes microbiológicos assumem papel importante pelo caráter infeccioso e endêmico que podem acarretar na humanidade (SKILKI *et al* (2009)). A proliferação de insetos parasitas e o solo em desequilíbrio pela presença de compostos tóxicos e contaminados com estrumes na forragem podem afetar a ingestão pelos animais, devem ser avaliados com critério (RODRIGUES, 1989).

A fertilização com fontes de fósforo em pastagem de capim-mombaça e os efeitos na concentração de nutrientes das excreções de animais em pastejo foi aferido por RODRIGUES *et al* (2008). Ocorrendo maior volume e presença de potássio na urina e maior quantidade de fósforo nas fezes nas pastagens fertilizadas. Concordando com WILKINSON & LOWREY (1973) sobre a qualidade e a quantidade de forragem consumida pelo animal que modificam as excreções e os nutrientes retornáveis ao solo. O fósforo contido nas plantas é consumido pelos herbívoros voltando ao solo pelas fezes dos animais, excretando para a água é utilizado pelas algas e plantas aquáticas, bactérias, animais e sedimentando-se (BORBA, 2010).

A produção de leite tem relação ao uso de nitrogênio das forragens e dos concentrados, porém aproximadamente

75 a 85% do N consumido pelas vacas podem ser perdidos nas fezes e urina (TAMMINGA, 1992). Aplicações de até 500 kg ha⁻¹ de nitrogênio como uréia ou nitrato de amônio durante as chuvas em capim-coastcross, não resultaram em perdas de nitrato para o lençol freático (PRIMAVESI *et al.*, 2006). O fertilizante (N) ou a mineralização da matéria orgânica formam o NO₃⁻, porém este elemento não absorvido pelas plantas ou imobilizado no solo, pode ser lixiviado por ter carga negativa não sendo adsorvido pelos colóides do solo também de cargas negativas. GRANLI & BOCKMAN (1994) destacam que na presença de umidade (chuva ou irrigação), ocorre diminuição de oxigênio do solo, havendo perda de N-NO₃⁻ como óxido nitroso (N₂O), gás de efeito estufa que pode armazenar 250 vezes mais energia que o CO₂.

A suplementação nitrogenada proporciona grandes rendimentos forrageiros, mas MELLO *et al.* (1984) comenta sobre o impacto ambiental decorrente de altas doses de N, pela possibilidade de perda por lixiviação na forma de N-NO₃⁻ e conseqüente contaminação do lençol freático. Destacando que na presença do calcário há aceleração da degradação de material orgânico impulsionando a nitrificação. Os excessos de nitrogênio impostos a pastagem representam perdas de N do solo disponível para a planta. Um aspecto é que na forma de N₂O aumenta o aquecimento global, diminuindo a água disponível pela maior evapotranspiração e das chuvas abundantes que escorrem e o N-NO₃⁻ lixiviado entra em rios e águas subterrâneas iniciando a eutroficação nos ecossistemas naturais pobres em N (PRIMAVESI *et al.*, 2002). Este fenômeno leva a diminuição do oxigênio dissolvido determinando a morte e decomposição dos organismos, afetando a qualidade da água por ação principal dos nitratos, fosfatos e sulfatos. Verificou-se que a disponibilidade de cálcio, magnésio, ferro e enxofre na vegetação residual e na superfície do solo é diminuta comparativamente a outros elementos minerais, em função de suas baixas solubilidades. Já o potássio é excretado em maior proporção pela urina e entre 10 a 30% pelas fezes, solúvel e absorvível pelas plantas, sendo facilmente lixiviado (MATHEWS *et al.*, 1996).

O sistema digestório dos ruminantes possibilita a digestão microbiana das forragens e produz metano que é eructado pelo animal variando nos indivíduos e com a sua alimentação. Este gás provém também dos estrumes e, na matéria orgânica, decompõe-se por ação dos microorganismos. Em regime de pastejo a fermentação ruminal de um bovino de corte produz de 40 a 70 kg/animal/ano de metano (CH₄), e seu efeito estufa é superior ao CO₂, correspondente a 1 e 1,7 t/animal/ano de CO₂. E, conforme PRIMAVESI *et al.* (2007) no metabolismo dos ruminantes libera-se na forma de metano, em torno de 2% (rações e concentrados) a 18% (pastagem de má qualidade e baixa proteína bruta) do total energético proveniente dos alimentos.

III. CONCLUSÃO

Os trabalhos científicos se preocupam também com a diminuição da ingestão de nutrientes na dieta dos animais com o objetivo de reduzir a perda de nutrientes, entretanto este procedimento diminui a produção animal. Por isso são pesquisados os teores mínimos de elementos indispensáveis a produção para amenizar as perdas e os impactos ambientais decorrentes do manejo a pasto. A pecuária

extensiva que se baseia no pastejo contínuo é um agravante ao ambiente pecuário, pois não possibilita o descanso e recuperação das forrageiras. E as taxas de lotações maiores que a capacidade de suporte compromete o manejo e colabora com a degradação das pastagens e a poluição ambiental. Nesse aspecto é preciso conciliar os interesses dos animais com a demanda das pastagens para elaborar um sistema ecofisiologicamente sustentável e com rendimentos compatíveis.

IV. REFERÊNCIAS

- ADAMI, P.F. Produção, qualidade e decomposição de papua sob intensidades de pastejo e níveis de nitrogênio. 2009, 98 f. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- ARCHER, S.; SMEINS, F.E. Ecosystem-level processes, In: HEITSCHMIDT, R.K.; STUTH, J.W. (Eds.). **Grazing management: an ecological perspective**. Portland: Timber Press, 1991. p.109-139.
- Atkinson, D. Watson, CA (1996). O impacto ambiental de sistemas intensivos de animais produção nas terras baixas: *Zootecnia* 63 353-362
- BARROW, N.J. Return of nutrients by animals. In: SNAYDON, R.W. (Ed.) *ecosystems of the world 17B – Managed Grasslands/Analytical Studies*. Amsterdam: Elsevier, 1987. p.181-186.
- BORBA, A.E.DE. **Produção Animal e o Ambiente**. Alfredo Emilio Silveira de Borba. Universidade dos Açores, Portugal. Departamento de Ciências Agrárias ...2010. Disponível em: <http://www.angra.uac.pt/...%20Alfredo%20Borba/produção%20Animal%20e%20Ambiente%20preto%20e%20branc>. Acesso em: 20 Nov. 2010
- BRAZ, S.P. et al. Aspectos Quantitativos do Processo de Reciclagem de Nutrientes das Fezes de Bovinos sob Pastejo em Pastagem de *Brachiaria decumbens* na Zona da Mata de Minas Gerais. **R. Bras. Zootec.**, v.31, n.2, p.858-865, 2002 (suplemento).
- CARVALHO, P.C.; MORAES, A.DE. **Integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto**. Artigos sobre manejo rural. Disponível em: www.portalaruralsoft.com/.../manejoExibe.asp?id. Acesso em: 20 Nov de 2010.
- CANTARUTTI, R.B.; NASCIMENTO JÚNIOR, D.; COSTA; O.V. **Impacto do animal sobre o solo: Compactação e reciclagem de nutrientes**. In: PRODUÇÃO ANIMAL NA VISÃO DOS BRASILEIROS. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários "Luiz de Queiroz", 2001. p.826-837.
- EMBRAPA **Uso de resíduos de origem animal na produção orgânica de leite a pasto e árvores nativas. 2010**. Disponível em: www.macroprograma1.cnptia.embrapa.br/.../planos-de-acao. Acesso em: 20 Nov. 2010.
- EMPRAPA. **Manejo e conservação do solo. Embrapa Trigo**. Sistema de produção, 2. Dez/2005. Disponível em: sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/.../solos.htm. Acesso em: 20 Nov 2010.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de

- Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2006. 306 p.
- DENG, M. Y.; CLIVER, D. O. Persistence of inoculated hepatitis A virus in mixed human and animal wastes. **Applied Environmental Microbiology**, v. 61, n. 1, p. 87-91, Jan 1995.
- GRANLI, T.; BOCKMAN, O.C. Nitrous oxide from agriculture. **Norwegian Journal of Agricultural Science**, v.12, p.1-128, 1994 (suppl. 2).
- GRANLI, T.; BOCKMAN, O.C. Nitrous oxide from agriculture. **Norwegian Journal of Agricultural Science**, v.12, p.1-128, 1994 (suppl. 2).
- HAYNES, R.J.; P.H. WILLIAMS. Nutrient cycling and soil fertility in the grazed pasture ecosystem. **Advanced Agronomy**, v.49, p.119-199, 1993.
- FAVORETTO, V.; CECATO, U.; GUIDELI, C. et al. Avaliação da estrutura de vegetação do capim-colônia em função de práticas de manejo. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 32., 1995, Brasília. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1995. p.45-48.
- FRANCO, G.L. **Minimizando as Perdas Nutricionais de Fósforo**. IEPEC, 2009. Disponível em: gadoleiteiro.iepec.com/.../minimizando-as-perdas-nutricionais-de-fosforo. Acesso em 22 Nov 2010.
- KICHEL, A.N.; KICHEL, A.G. **Requisitos básicos para boa formação e persistência de pastagens**. Campo Grande, MS. Ago. 2001. Número 52. Disponível em: www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/.../GCD52.html. Acesso em 15 Nov 2010.
- KIEHL, E. J. Fertilizantes orgânicos. Piracicaba: **Agronômica Ceres**, 1985. 492 p.
- MATHEWS, B.W.; SOLLENBERGER, L.E. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: soil considerations. In: NUTRIENT CYCLING IN FORAGE SYSTEMS. 1996, Columbia. **Proceedings...** Columbia: University of Missouri, 1996. p.213-229.
- MELLO, F.A.F.; et al. **Fertilidade do solo**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1984. 400p.
- MOZETO, A. A. Química atmosférica: a química sobre nossas cabeças. **Caderno Temático Química Nova na Escola**. n. 1, p. 41-49, 2001.
- MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes nas pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1997. **Anais...** Piracicaba: Fundação "Luis de Queiroz", 1997. p. 55-44.
- NABINGER, C. Princípios da exploração intensiva de pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 13, 1996, Piracicaba – SP. **Anais...** PEIXOTO, A. M. et al. (eds.). Piracicaba: FEALQ, 1996. p. 15-95.
- NABINGER, C. Bases ecofisiológicas do crescimento das pastagens e as práticas de manejo. **FUNDAMENTOS DA PRODUÇÃO E UTILIZAÇÃO DE PASTAGENS**. PFA/UFRGS, 2005, v.1, 98p.
- NABINGER, C. Aspectos ecofisiológicos do manejo de pastagens e utilização de modelos como ferramenta de diagnóstico e indicação de necessidades de pesquisa. In: REUNIÃO DO GRUPO TÉCNICO REGIONAL DO CONE SUL (ZONA CAMPOS) EM MELHORAMENTOS E UTILIZAÇÃO DE RECURSOS FORRAGEIROS DAS ÁREAS TROPICAL E SUBTROPICAL, 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1996. p.17-62.
- NGUYEN, M.L.; GOH, K.M. Sulphur cycling and its implications on sulphur fertilizer requirements of grazed grassland ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.49, p.173-206, 1994
- LOPES, A.S. Solos sob cerrados. Piracicaba, **Potafós**. 162p. 1984.
- OLTJEN, J. W.; BECKETT, J. L. Role of ruminant livestock in sustainable agricultural systems. **Journal of Animal Science**, v. 74, n. 6, p. 1406-9, Jun 1996.
- PETERSON, P. R. and GUERRISH, J. R. Grazing systems and spatial distribution of nutrients in pastures: livestock management considerations. In: NUTRIENT CYCLING IN FORAGE SYSTEMS. 1996, Columbia, **Proceedings...** JOOST, R. E. and ROBERTS, C. A. (eds.). Columbia: University of Missouri, p. 203-21. 1996.
- PEDREIRA, C.G.T. et al. O processo da produção de forragem em pastagem. In: MATTOS, W.R.S. (Ed). **A produção animal na visão dos brasileiros**. Piracicaba: FEALQ, p.772-807. 2001.
- PRIMAVESI, O. et al. Lixiviação de nitrato em pastagem de *coastcross* adubada com nitrogênio. **Bras. Zootec.** vol.35 no.3 Viçosa May/June 2006. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid. Acesso em 18 Nov 2010.
- PRIMAVESI, O, ARZABE, C, PEDREIRA, M. dos S. **Mudanças climáticas: visão tropical integrada das causas, dos impactos e de possíveis soluções para ambientes rurais e urbanos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2007, 200 p (Documento 70).
- PRIMAVESI, A.C. et al. **Recomendação de adubação para aveia, em dois sistemas de lantio, em Latossolo Vermelho Distrófico típico**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2002. Comunicado Técnico 34.
- PÁSCOA, A.G. Padrões de desintegração das placas de fezes de bovinos da raça nelore em dois sistemas intensivos de pastejo rotacionado, 2001. 32 F. **Monografia, FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS / UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, JABOTICABAL**, 2001.
- RODRIGUES, A.M. et al. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **R. Bras. Zootec.** vol.37 no.6 Viçosa June 2008.
- RODRIGUES, L.R.A. Os besouros coprófagos nas pastagens. In: FAVORETTO, V. & RODRIGUES, L.R.A. **Simpósio sobre ecossistemas de pastagens**, Jaboticabal, FUNEP / UNESP, p. 97 – 133, 1989.
- RODRIGUES, A.M. Concentrações e quantidades de macronutrientes na excreção de animais em pastagem de capim-mombaça fertilizada com fontes de fósforo. **R. Bras. Zootec.**, v.37, n.6, p.990-997, 2008.
- RUSSELLE, M. P. Nutrient cycling in pasture. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1997, Viçosa – MG. **Anais...** GOMIDE, J. A. (ed.). Viçosa: UFV, 1997. p. 235-266.
- SAUNDERS, W. M. H. Mineral composition of soil and pasture from areas of grazed paddocks, affected and unaffected by dung and urine. **New Zealand Journal of RECYCLAGEM DE EXCREÇÕES ANIMAIS NA**

PASTAGEM Página 11 de 11
http://www.tdnet.../RECICLAGEM_DE_EXCRECOES_A_NIMAIS_NA_PASTAGEM.ht 27/06/2001 Agricultural Research, 27: 405-412, 1984.
SUKIAS, J. P. et al. Combined photosynthesis and mechanical aeration for nitrification in dairy waste stabilisation ponds. **Water Science Technology**, v. 48, n. 2, p. 137-44, 2003.
SPILKI, F.R. et al. Detecção e desinfecção de vírus em dejetos de ruminantes. Revista conhecimento online-Ano 1 – Setembro de 2009. www.feevale.br/revistaconhecimentoonline. Disponível em: aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/32677.pdf. Acesso em 25 Nov 2010.
SILVA FILHO, J.C.; VITTI, D.M.S.S.; CAMPOS NETO, O. et al. Exigência mínima de fósforo em novilhos da raça Nelore. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.9, p.1861-1865, 2000.
TAMMINGA, S. Nutrition management of dairy cows as a contribution to pollution control. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v.75, p.345–357, 1992
WILKINSON, S.R.; LOWREY, R.W. Cycling of mineral nutrients in pasture ecosystems. In: BUTLER, G.W.; BAILEY, R.W. (Eds.) **Chemistry and biochemistry of herbage**. New York: Academic Press, v.30, n.2, p.247. 1973.

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído neste artigo.



VIABILIDADES ECONÔMICA, SOCIAL E AMBIENTAL DO REUSO DE RESÍDUOS DE UMA CERÂMICA ATRAVÉS DA APLICAÇÃO DA CONTABILIDADE DE CUSTOS ECOLÓGICOS

R.B. KLEPA¹, J.D.S. MATOS²; R.R. SOUZA³, F.A.C. CALARGE¹; T.M.B. FARIAS¹, J.C.C. SANTANA¹

1- UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO, PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO; 2 - UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA; 3 - DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE.

jccurvelo@uninove.br; sdsml2@yahoo.com.br

Resumo: *Este trabalho teve como objetivo aplicar a teoria da contabilidade de custos ecológicos em uma indústria cerâmica do Sergipe, de forma a demonstrar que é possível a reutilização de rejeitos, com bom retorno econômico, social e ambiental para a empresa. Os resultados demonstram que é possível reutilizar os rejeitos na composição da cerâmica sem perder as padronizações específicas (NBR). Reduziram-se os impactos ambientais causados através do descarte do rejeito, extração da matéria-prima e os custos com a produção final em até 12,3%, possibilitando a aquisição de créditos de carbono, de acordo com a teoria da contabilidade de custos ecológicos.*

Palavras-chave: *Contabilidade de Custos Ecológicos. Reuso de Resíduos. Cerâmica.*

I. INTRODUÇÃO

No final do século XX, aumentou-se de forma evidente a preocupação mundial com o meio ambiente e sua preservação, principalmente em relação ao mau uso e indiscriminado de recursos naturais em nome do desenvolvimento econômico de países de primeiro mundo. A partir da década de 90 começou a ser utilizado o conceito de desenvolvimento sustentável por parte das indústrias, aprimorando o desenvolvimento capitalista, e a expansão e maximização do lucro em um mínimo de tempo, porém com preocupação com os recursos naturais (CRES, *et al.*, 2012).

Segundo CRES *et al* (2012) ser sustentável atualmente, já não é mais uma escolha e, sim, uma condição de sobrevivência frente às muitíssimas exigências governamentais, legais, sociais e metodológicas, desta forma devemos encontrar soluções e aprimoramento de processos para potencializar a atuação para a sustentabilidade.

As empresas comprometidas com questões ambientais estão fazendo uma conta tripla destes impactos, conhecida como *Triple bottom line* ou *People, Planet, Profit*, sendo *People* – pessoas direta e indiretamente envolvidas; *Planet* – meio ambiente e impactos; e *Profit* – retorno financeiro (BROWN *et al.*, 2011).

A nova tendência empresarial procura integrar os sistemas de gestão para contemplar as três dimensões da sustentabilidade de uma empresa: a social, a ecológica e a econômica (FRESNER e ENGERLHARDT, 2004; GIRAÇOL *et al*, 2010 e 2011; LABODOVÁ, 2004).

RUBESTEIN (1994) descreve que uma empresa sustentável deve ser aquela que reúna seis atributos:

- Crescimento qualitativo, respeitando os direitos humanos e um meio ambiente adequado;
- Conservar e usar o meio ambiente e recursos naturais para o benefício das gerações futuras e presentes.
- Manter o ecossistema e os processos essenciais ao bom funcionamento da biosfera, preservar a biodiversidade, e cumprir com o princípio de produtividade sustentável ótima;
- Estabelecer padrões de proteção ambiental adequada e supervisionar as mudanças, publicar dados relevantes sobre o meio ambiente e uso dos recursos;
- Realizar mudanças de acordo com evoluções ambientais que surgirem;
- Informar periodicamente as pessoas que podem ser afetadas de maneira significativa por mudanças nas atividades econômicas projetadas.

Para ROMANINI (2007) a discussão sobre uma empresa sustentável não recai apenas sobre grandes empresas, as quais sofrem no momento pressões de seus acionistas para demonstrar que a suas empresas não correm o risco de desvalorização por atitudes socioambientais incorretas. As micros e pequena empresas também passam a ser vistas pela sociedade como possíveis riscos ao meio ao qual vivem.

No entanto, torna-se difícil mensurar e integrar os custos internos e externos de forma a demonstrar a contribuição da empresarial das empresas para a sustentabilidade. Uma maneira encontrada na literatura para se efetuar este cálculo é por meio da Contabilidade de Custos Ecológicos (CCE). Um exemplo bem sucedido da aplicação da CCE é o da cervejaria *Erste Obermurtaler Brauereigenossenschaft* (na Áustria), que como resultado das suas boas práticas a empresa recebeu em 1995 o

certificado ISO9001 e em seguida o ISO 14001. Foi observado que estas iniciativas adotadas pela empresa levaram a melhora na sua qualidade, aproveitamento e definitivamente, manteve a sua boa imagem (FRESNER & ENGERLHARDT, 2004).

Segundo LIBERA (2003), as empresas devem adotar uma gestão estratégica que possibilite administrar as questões relacionadas ao meio ambiente. Tal administração deve conhecer e avaliar os fatores geradores de custos ambientais, para que diante destas informações possam administrá-las, desenvolvendo assim novos produtos ou processos, visando a redução de desperdícios e poluição, prevenindo danos ao meio ambiente, evitando assim a geração de custos ecológicos. Pode-se conceituar que os custos ambientais ou ecológicos são ferramentas que auxiliam na tomada de decisão, direcionando os investimentos para a área ambiental, controlando os custos de manutenção do processo de preservação ambiental e impulsionando ações de melhoria contínua do desempenho ambiental das organizações (MORAES *et al.*, 2000).

De acordo com BERNARDIN *et al.* (2006), na indústria cerâmica são gerados grandes volumes de resíduos, normalmente depositados em aterros, dos quais, um hectare é poluído a cada três anos. Desta forma, a reciclagem destes resíduos é uma solução atraente em relação a sua disposição devido à redução tanto do consumo de matérias-primas, quanto da poluição ambiental. Já que, nas indústrias cerâmicas há uma geração de rejeitos de cerca de 15% provenientes de produtos obtidos fora das especificações, cerca de 10% de materiais danificados e mais 5% outros rejeitos (FERRARI *et al.*, 2002; MATOS *et al.*, 2010).

Os aterros industriais, criados e projetados especialmente para disposição de resíduos sólidos industriais, são as alternativas mais procuradas pelas empresas para livrarem-se dos resíduos (rejeitos) e multas. Porém, alguns métodos vêm sendo aplicados, alcançando resultados interessantes do ponto de vista econômico e de preservação do meio ambiente. Assim a reciclagem, palavra de ordem dentro dos sistemas modernos de gerenciamento, surge como importante opção, em face de sua grande flexibilidade operacional e da possibilidade de sua aplicação em sistemas de baixo custo (MORAIS, 2001; SILVA *et al.*, 2005; SOARES *et al.*, 2002).

GIRAÇOL *et al.*, (2010 e 2011) descreveram as vantagens do reaproveitamento dos resíduos:

- Diminuição da quantidade de resíduos enviados para aterros industriais, diminuindo assim, os custos com destinação e transporte;
- Economia de energia e recursos naturais;
- Melhoria de imagem da empresa frente ao mercado consumidor;
- Redução dos custos industriais mediante a incorporação de resíduos em seus processos produtivos.

Vários estudos foram realizados visando à reutilização de resíduos industriais oriundos de diversos processos de fabricação em massas cerâmicas. Um dos exemplos para se reduzir custos ambientais e conseguir reduzir custos no processo de fabricação do produto final, é a incorporação do lodo dos decantadores, em porcentagens que variam de 20 até 60% na composição da massa da cerâmica padrão, sem que a mesma perca a qualidade (MATOS *et al.*, 2010).

O resíduo de polímeros e sobras de esmaltes foram misturados e reutilizados na composição de cerâmicas

celulares em composições que variaram de 1 até 12%. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios e estão em fase de patente sob o PI9902859-0 (BERNARDIN *et al.*, 2006).

Segundo VICENZI (1999) a utilização de escória de aciaria em uma massa cerâmica com temperaturas de queima de 850, 950 e 1050°C, com percentuais de 2, 5, e 10%, percebendo que a temperatura de sinterização, porosidade aparente e absorção de água e aumento na resistência mecânica dos pisos, sendo que a inserção com 2% do resíduo (rejeito) apresentou os melhores resultados.

CASAGRANDE (2002) e RIPOLI FILHO (1997) analisaram o efeito da adição de chamotes (caco) na massa cerâmica. Foram realizados com diversas formulações para a produção da massa das cerâmicas em temperaturas de queima, na faixa de 1000 a 1200 °C. Os resultados obtidos foram considerados satisfatórios, já que as cerâmicas mantiveram a qualidade exigida através da norma.

Um estudo apresentado por NEVES (2000) fez o reaproveitamento de resíduos vindos de beneficiamento de granitos na fabricação de tijolos cerâmicos. Após diversos ensaios de caracterização das propriedades químicas e físicas, com 31% do lodo e temperaturas entre 1000 a 1200°C, indicaram a possível utilização destes resíduos na fabricação de tijolos maciços sem perca na qualidade do produto final. XAVIER (2001), também empregou rejeitos advindos do corte de blocos de mármore, de indústrias de beneficiamento de mármore e granitos, em massas cerâmicas.

A adição de 3 a 9% de resíduo sólido “raspa” a uma massa de revestimento cerâmico fabricados por via seca foi estudado por FERRARI *et al.* (2002). Verificou que ocorreu uma melhora no teor de absorção de água da peça cerâmica, sem alterar a retração linear e a perda ao fogo, além de aumentar a resistência mecânica das peças após a queima.

Resumindo, todos os tipos de rejeitos provenientes da indústria cerâmica podem ser reutilizados e a redução e/ou eliminação total do mesmo é possível, se as empresas utilizarem inovações tecnológicas disponíveis e/ou copiar as inovações já adotadas por algumas dela.

Desta forma, pretende-se mostrar que é possível reutilizar a torta do tanque de decantação, misturando-se este lodo ao composto cerâmico padrão, e comprovar que além da redução de impactos ambientais, pode-se reduzir os custos com a produção final, baseados na teoria da (CCE). O estudo foi realizado com dados de uma empresa do ramo da cerâmica na cidade de Nossa Senhora do Socorro - SE.

II. METODOLOGIAS

Etapas do desenvolvimento da pesquisa

Para auxiliar na complementação de tentarmos desenvolver uma metodologia, podemos utilizar as perguntas da Tabela 1 abaixo, que representa um fluxograma do desenvolvimento (estudos iniciais e levantamento de informações gerais). Uma pesquisa bibliográfica em diversas bases relevantes e o acesso aos dados da empresa proporcionou o desenvolvimento desta pesquisa (PANDOLFO, 2008).

Tabela 1- Fluxograma do desenvolvimento da metodologia

Etapa 1 – Estudos Iniciais
1.1 – Visita à empresa
1.2 – Caracterização da empresa
1.3 – Detalhamento dos processos produtivos
Etapa 2 – Levantamento de informações gerais
2.1 – Identificação e quantificação dos resíduos gerados no processo produtivo
2.2 - Descrição da origem dos resíduos gerados
2.3 - Levantamento dos custos e receitas ambientais aplicando a metodologia de Jasch
2.4 - Análise dos dados, conclusões e Recomendações

Estratégias para a contabilização do custo ecológico

Como sugestão de etapas para uma solução ecológica para o descarte dos rejeitos da indústria de cerâmica está a seguir, na forma de estágios (FRESNER e ENGELHARDT, 2004; CHULIÁN, 2005; SANTANA *et al.*, 2010):

Estágio 1 – representa o estágio atual da empresa, numa posição insustentável. Neste ponto, muitos dos impactos ambientais são decorrentes da alimentação dos processos o da formação de resíduo pela empresa, neste não se inclui os custos desta produção.

Estágio 2 – mostra uma posição mais sustentável, na qual a empresa está se organizando para reduzir seu impacto.

Estágio 3 – é uma posição na qual as operações devam ter peso zero sobre o impacto ambiental.

Estágio 4 – nesta posição, a empresa deve ser auto-sustentável, onde o balanço contábil dos custos ecológicos das suas operações resulta em créditos para empresa. Quando se encontram neste estágio, as empresas estão qualificadas para receberem certificados de excelência, como o ISO 9001 e 14001.

A externalidade citada por CHULIÁN (2006) em seu modelo de CCE pode ser entendida como o impacto social e meio ambiental que as atividades de uma empresa têm, e que não se reconhece no sistema de informação econômico. Assim, se tem uma externalidade quando se tem duas condições: uma atividade de um determinado agente causa ganho ou perda no bem-estar de outra e este ganho ou perda não é recompensado.

Embora SANTANA *et al.* (2006) apresente esta série de argumentos que levaram ao insucesso dos demais trabalhos, o mesmo autor realiza a aplicação de uma CCE com sucesso em uma empresa espanhola. O autor aplica a CCE em uma empresa de transporte por meio de três etapas: redução dos dados, exposição dos dados e verificação/conclusão.

De acordo com SANTANA *et al.* (2006), na primeira etapa, deve-se apresentar de uma forma qualitativa as atitudes e programas sócio-ambientais para serem implementados na política de sustentabilidade da empresa.

Na segunda etapa, os custos externos que a empresa terá, sendo as externalidades positivas baseadas nos gastos com programas sócio-ambientais e as externalidades negativas baseadas nos gastos resultantes das poluições

emitidas pelos veículos da empresa e que são baseados em estudos governamentais.

A seguir, será apresentada uma forma para a redução da CCE a peso zero, pelo recolhimento dos rejeitos. Por final, indicar-se a as possíveis formas de reuso, bem como se reduzir os gastos com todo o processo ou quem sabe até se obter lucro do mesmo.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estudo dos custos com o reuso

Os cálculos a seguir foram realizados com base em dados de sua capacidade de produção de 315516 ton / ano, apresentados no site da empresa de cerâmica Escurial. Através da Equação (1) calcula-se a redução do custo anualmente com a reutilização do rejeito. A Equação (2) o custo anualmente da matéria-prima junto com o rejeito. A argila processada e transformada em massa para cerâmica é comercializada ao preço de R\$ 22 / tonelada, com isso podemos calcular (ESCURIAL, 2011).

$$Redução\ dos\ Custos(R\$/ano) = \left(\frac{M_{Re\ jeito}}{100}\right) * [M_{Argila} * P_{Argila}] \tag{1}$$

$$Custos(R\$/ano) = \left(\frac{100 - M_{Re\ jeito}}{100}\right) * [M_{Argila} * P_{Argila}] \tag{2}$$

onde:

MRejeito é a massa do rejeito (%), MArgila e PArgila são, respectivamente, a massa de argila (ton/ano) e o preço desta argila em (R\$/ton).

Assim, de acordo com MATOS *et al.* (2010) e FERRARI *et al.* (2002) a porcentagem de rejeito total de uma empresa do ramo cerâmico pode alcançar 30% e, como já foi comprovado pela revisão da literatura que este rejeito pode ser totalmente reaproveitado na incorporação dos produtos da cerâmica. Logo, ao se usar estes 30% de rejeito na composição da massa cerâmica padrão, reduzir-se-á os custos com a matéria-prima na mesma porcentagem, e neste caso, a porcentagem de rejeito utilizada é, sem dúvida, a porcentagem de redução de custo com a produção de cerâmica final conforme resultados apresentados na Tabela 2. Desta, temos que, ao se utilizar 30% de rejeito haverá uma redução no valor com matéria-prima de aproximadamente R\$ 2 milhões por ano (DUALIBI FILHO, 2007).

Tabela 2 - Resultados para os cálculos dos custos

	Custo (R\$/ano)	Redução dos custos (R\$/ano)	Porcentagem da redução (%)
Matéria-Prima	6941352	0	0
Matéria-Prima +Rejeito	4858946	2082406	30
Transporte	750416,43	225125	30
Custo Total da Produção	18760411	2307531	12,3

Estes resultados são altamente significativos em termos de economia, já que, de acordo com CETEM (2008), 37% dos custos da indústria cerâmica é com a aquisição de matéria-prima e 4% com combustíveis no transporte desta matéria-prima. Pode-se contar ainda, com a redução dos custos com o transporte da matéria-prima para a empresa. Desta forma, uma redução de até 12,3% no custo total da produção pode ser alcançada, já que 30% na redução do custo do transporte dá 1,2% do custo total.

Além disso, pode-se conseguir uma possível negociação de créditos de carbono (CC), já que há uma redução na queima do combustível na fabricação da cerâmica, bem como diminuição de custos com transporte para descarte do rejeito em aterros, reduções nas multas que a empresa costuma levar por descarte de rejeitos em aterros clandestinos, etc. Com a redução de custos pode-se ainda, incentivar o aumento nos salários dos funcionários, aquisição de novos equipamentos, ampliação do porte da empresa, etc.

E o mais importante, garantir a vida útil das jazidas de matéria-prima (argila) em mais de 1,3 vezes, considerando-se o uso de 100% dos rejeitos.

Contabilidade de Custos Ecológicos (CCE)

Um diagnóstico prévio da situação desta indústria cerâmica sergipana, com relação à gestão ambiental dos rejeitos, demonstrou que há pouca preocupação com os impactos ambientais causado pela geração (pós, fumos, torta de decantadores, cerâmicas danificadas, etc.), e destinação final dos rejeitos; o que causa um elevado impacto ambiental, social e econômico, além de elevar os custos ecológicos da empresa.

Este é o estágio em que se encontram e é tido como crítico, onde a empresa está elevando o seu custo ecológico a cada dia que passa, pois o descarte destes rejeitos, seja em aterros, córregos, no ar ou no solo, acarreta na poluição do meio-ambiente, principalmente, levando à poluição de corpos hídricos, do ar e do solo de ecossistemas que dependem dos recursos provenientes dos mesmos. A poluição destes recursos naturais eleva a quantidade de produtos químicos, conseqüentemente, as etapas de processos, e subseqüentemente, elava os custos para o seu tratamento. Causando a morte de plantas, microorganismos e animais, o que leva infestação do ambiente por animais peçonhentos apresentando aspecto e odores ruins causados pela poluição do meio ambiente. Estes têm um péssimo impacto na sociedade e leva a proliferação de doenças na população circunvizinhas aos corpos receptores dos rejeitos. Além do que, a extração de matérias-prima causa um grande impacto ambiental na área das jazidas (GIRAÇOL *et al.*, 2010 e 2011).

Como primeiro passo de aplicação da CCE, demonstrar-se-á aos gerentes da empresa que é possível reutilizar parte de seus rejeitos, a torta dos decantadores. Assim, pretende-se tirá-los do estágio de inércia atual e alertá-los dos efeitos que o descarte deste rejeito ao meio ambiente, a economia, a sociedade e a saúde das comunidades circunvizinhas, fazendo com que eles criem uma política de CCE para este rejeito (GIRAÇOL *et al.*, 2010 e 2011).

Em seguida, estes gerentes devem promover reuniões e palestras para conscientizar os demais funcionários da empresa da necessidade de mudança no processo para que haja melhorias redução dos impactos ambientais causado pelo descarte de um de seus rejeito. Palestra para alertar as comunidades circunvizinhas sobre as medidas ambientais que a empresa está promovendo. Nesta etapa, está se iniciando a política de CCE e seus custos ecológicos estão em fase de redução (GIRAÇOL *et al.*, 2010 e 2011).

A seguir, a empresa em uma terceira etapa, passaria a não descartar a torta dos decantadores. Nesta etapa, os custos ambientais do descarte deste rejeito seriam iguais a zero, ou seja, a empresa já não polui, com relação a este rejeito.

Por fim, numa quarta etapa, implementa o uso reuso do rejeito no processo para a produção das suas cerâmicas e daí, abre-se um leque de possibilidades nas quais se enxerga que a empresa deixaria de ser devedora para credora de créditos ambientais, baseado na teoria de CCE. Já que este além de não estar poluindo, há uma redução na produção de CO₂ derivada do transporte da matéria-prima (GIRAÇOL *et al.*, 2010 e 2011).

Desta forma, os ecossistemas antes impactados poderão se recuperar e todos os recursos ambientais dos mesmos terão uma melhora em sua qualidade. Como retorno à sociedade, além da redução dos impactos ambientais, há uma melhora nos aspectos visuais do entorno da empresa, melhora na saúde e na qualidade de vida dos funcionários e cidadãos que moram nas proximidades da empresa (GIRAÇOL *et al.*, 2010 e 2011).

Veja de uma forma mais simplificada, na Tabela 3, a estratégia tomada para a sustentabilidade ecológica em uma indústria cerâmica quanto aos custos ambientais apresentados com o descarte da produção cerâmica.

Tabela 3 - Avaliação dos custos ambientais do descarte da produção de cerâmicas

Plano	Estágio 1	Estágio 2	Estágio 3	Estágio 4
	Insustentabilidade	Operações sustentáveis		Completa sustentabilidade
Ambiental	Extração de grandes quantidades de matéria-prima e o descarte da torta do decantador no meio ambiente	Remodelagem das etapas do processo para a inserção do rejeito e redução da extração de matéria-prima	Produção ZERO de rejeito dos decantadores e diminuição da quantidade de matéria-prima extraída	Aquisição de créditos ambientais e recuperação de ecossistemas
Social	Empresa mal vista pela sociedade por agredir o meio ambiente	Conscientização de funcionários e alerta à população	Melhoria na imagem da Empresa perante a sociedade	Melhora na qualidade de vida de funcionários e da população vizinha a empresa
Econômica	Empresa com dívidas ambientais	Custos com a montagem da linha de retorno do rejeito para o processo	Redução das multas pela contaminação do meio ambiente e possíveis problemas de saúde causados aos moradores da vizinhança. Redução dos pedidos de licença para tratamento de saúde dos funcionários	Redução de 12,3% dos custos totais da produção. Possibilidade de venda de crédito de carbono. Redução de custos para aquisição de novas jazidas.

IV. CONCLUSÃO

Este trabalho demonstrou uma forma de se aproveitar os rejeitos de uma cerâmica sergipana ao se incorporá-los na composição da cerâmica e enquadrá-las dentro das padronizações específicas (NBR), reduzindo os impactos ambientais causados através do descarte do rejeito, extração da matéria-prima, custos com a produção final em até 12,3%, possibilitando a aquisição de créditos de carbono de acordo com a teoria da contabilidade de custos ecológicos.

V. REFERÊNCIAS

BROWN, D.; DILLARD J. R. e MARSHALL S. *Triple Bottom Line: a business metaphor for a social construct*. School of Business Administration. Portland State University. Disponível em: www.recercat.net/handle, acessado em 16 de novembro de 2011.

CASAGRANDE, M. C. Efeito da adição de chamote semi-gresificado no comportamento físico e químico da massa cerâmica para pavimento. 66f. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

CETEM, Centro de Tecnologia Mineral. Argila para cerâmica vermelha. *CETEM*: Rio de Janeiro, CAP. 33, p.747 – 770, 2008.

CHULIÁN, M. F. Contabilidad de Costes Ecológicos Completos en España. Análisis Exploratorio Documento de trabalho 06/06. Universidad de Burgos, 2006. Disponível em: [http:// ideas.repec.org/p/ntd/wpaper/2005-06.html](http://ideas.repec.org/p/ntd/wpaper/2005-06.html). Acessado em: 18 maio 2007.

CRES, E. P. N.; SPERS, V. R. E.; CAMARGO, S. H. C. R. V. Sustentabilidade e a cultura organizacional In: Sustentabilidade e o setor sucroenergético – Itú – SP, Ed. *Otoni*, 1ª edição, Cap. 2, p 25-38, 2012.

DUALIBI FILHO, J. A. Indústria de Cerâmica Vermelha no Brasil: Situação Atual e Perspectivas. In: LI Congresso Brasileiro de Cerâmica, 2007, Salvador. Anais do 51º CBC, 2007.

ESCURIAL, Cerâmica Sergipe S/A (nome fantasia Escurial). Disponível em:

<http://www.escurial.com.br/empresa.html>, acessado em 03/05/2011.

FERRARI, K. R.; FERRI, C. R.; SILVA, L. L.; BATISTA, L. C. Z.; FIGUEIRA FILHO, P. M. Ações para a diminuição da geração de resíduos na indústria de revestimentos cerâmicos e a reciclagem das “raspas”. Parte I: resultados preliminares. *Cerâmica Industrial*, Vol.7, n2, 38-41, 2002.

FRESNER, J. E. G. & ENGELHARDT, G. Experiences with integrated management systems for two small companies in Austria. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, p. 623-631, 2004.

GIRAÇOL, J.; PASSARINI, K. C.; SILVA JÚNIOR, S. C.; CALARGE, F. A.; SANTANA, J. C. C. Uma política CCE baseada no processo de produção de biodiesel pelo reuso do óleo de frituras da cidade de São Paulo. *Ingepro*, 2(3), p. 59-68, 2010.

GIRAÇOL, J.; PASSARINI, K. C.; SILVA JÚNIOR, S. C.; CALARGE, F. A.; SANTANA, J. C. C.; TAMBOURI, E. B. Reduction in ecological cost through biofuel production from cooking oils: an ecological solution for the city of Campinas, Brazil. *Journal of Cleaner Production*, 2011. (In Press)

LABODOVA, A. Implementing integrated management systems using a risk analysis based approach. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 12, p. 571-580, 2004.

LIBERA, K. A. D. *Análise da gestão estratégica dos custos de natureza ambiental: estudo de caso em uma empresa do setor cerâmico*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 121p, 2003.

MATOS, J. D-A, SANTANA, J. C. C., SOUZA, R. R. Reúso da torta de Decantadores de indústrias Cerâmicas. *Cerâmica Industrial*, Vol.15, nº1, Janeiro /Fevereiro, p 44-46, 2010.

MORAIS, R. M. Propriedades mecânicas de revestimento cerâmico contendo adições de resíduos sólidos queimados. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45º, Florianópolis. *Anais...Florianópolis*: CBC, p. 8, 2001.

NEVES, G. A. Utilização de resíduos de serragem de granitos para confecções de tijolos cerâmicos. In: XLIV

CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, Florianópolis. **Anais** do 44º CBC, 2000.

PANDOLFO, A. Integração das questões ambientais na economia das empresas: a identificação dos custos ambientais – um estudo de caso. *Revista FAE*, Curitiba, Vol. 11, nº2, p. 87-99, julho/dezembro, 2008.

RIPOLI FILHO, F. A utilização do rejeito industrial cerâmico – chamote – como fator de qualidade na fabricação de elementos cerâmicos: um estudo de caso. *Cerâmica*, Vol. 43, p281-282, 1997.

ROMANINI, V. Os valores da Sustentabilidade. *Revista Exame PME*, 9 Ed., p. 22- 33, 2007.

RUBENSTEIN, D.B. Environmental Accounting for the Sustainable Corporation. Strategies and Techniques, *Quorum Books*, Westport. 1994.

SANTANA, J. C. C.; GIRAÇOL, J.; PASSARINI, K. C.; FILHO, S. C. S.; CALARGE, F.A. Uma política CCE baseada no processo de produção do biodiesel pelo reuso do óleo de frituras da cidade de São Paulo. *Ingepro*, Vol. 2, nº 3, p 59-68, 2010.

SILVA, R. F.; CANÇADO, C. J.; LORANDI, R.; GALIANO, V. A.; MOREIRA, M. A. A. Aplicação metodológica para seleção de áreas para disposição de resíduos sólidos industriais cerâmicos. Estudo de caso: Porto Ferreira – SP. *Geociências*, Vol. 24, nº 3, p 305-317, 2005.

SOARES, S. R.; PEREIRA, S. W.; BREITENBACH, F. E. Análise do ciclo de vida de produtos cerâmicos da indústria de construção civil. *XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental*, Cancún, México, 2002.

VICENZI, J. Aproveitamento de um resíduo industrial em uma massa cerâmica para pisos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBC, p. 290, 1999.

XAVIER, G. C. Estudo da adição de resíduos da serragem do mármore à massa de conformação vermelha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 45º, 2001, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: CBC, p. 4, 2001.

VI. COPYRIGHT

Diretos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



USING TALLOW RBD IN STATIONARY DIESEL ENGINES

AGUSTIN VALVERDE GRANJA¹; MAURICIO HERNANDEZ SARABIA²; CRISTIAN LAGUNA³

1 – UNIVERSIDAD DE IBAGUE; 2 – UNIVERSIDAD DE IBAGUE;

3 – UNIVERSIDAD DE IBAGUE

agustín.valverde@unibague.edu.co

Abstract - The RBD is a series of operations aimed at eliminating the defects of fats (excessive acidity, flavor and odor, inadequate color, turbidity, etc). These defects must be eliminated because they accelerate the degradation of the product. The methods and thoroughness of these depend on the end use of the product, as when required for food purposes are given special treatment to make it suitable for human consumption as required for industrial purposes is any treatment to remove specific impurities that generate interference with other processes. The work was conducted in three phases. The first is characterized raw material, the production process of RBD and determination of the main properties of the biofuel obtained among which are: calorific value, moisture content, impurities, density, cloud point, pH and index acidity. In the second are mixed tallow and RBD palm with conventional diesel and determine the properties of mixtures and the third examines aspects of mechanical and environmental performance of a diesel engine lister mark of 18.75 kW, operating with mixtures of RBD palm and tallow, as also with ordinary diesel fuel. The RBD palm was provided by the company Oleoflores and conventional diesel was purchased from a service station. Parameter evaluates effective specific fuel consumption and environmental parameters opacity, the concentrations of CO₂, SO₂ and NO.

Keywords: Biofuel. Biodiesel. Steam boiler. Diesel. Energy. Beef tallow. Odor suppressant deodorized. Refined.

I. INTRODUCCION

Ya desde la invención del motor diesel en 1897 se hablaba de aceites vegetales, pero en aquella época perdió su importancia debido al rápido desarrollo que tuvieron los derivados del petróleo. Sin embargo, desde hace algunos años los aceites vegetales han vuelto a tomar fuerza a nivel mundial, y hoy en día se produce biodiesel a partir de casi todos los aceites vegetales y grasas animales, dando en algunos casos muy buenos resultados, como con el aceite de palma, el cual ha demostrado ser competitivo con el diesel. En cuanto a las grasas animales, han sido pocos los países que han investigado e implementado estas materias primas, destacándose los trabajos realizados en Brasil, México y Uruguay.

El RBD consiste en una serie de operaciones que tienen como objetivo eliminar los defectos de las grasas (excesiva acidez, sabor y olor desagradable, coloración inadecuada, turbidez, etc.). Estos defectos deben ser eliminados debido a que aceleran la degradación del producto. Los métodos y la rigurosidad de los mismos dependen del uso final del producto, pues cuando se requieren para propósitos alimenticios se les da un tratamiento especial para que sea apto para el consumo humano y cuando se requieren para otro fin industrial se

hace algún tratamiento para eliminar las impurezas específicas que generan interferencia con los otros procesos [1].

En Colombia se han realizado varias investigaciones, a nivel de laboratorio y planta piloto, con el fin de obtener biodiesel a partir de diversas materias primas, tales como aceite de palma, aceite de higuera, aceites fritos y subproductos de la industria avícola [2-5].

Durante el desarrollo de esta investigación se realiza la producción, caracterización y utilización de RBD a partir del sebo vacuno, proveniente de la planta de beneficio de ganado de propiedad del fondo ganadero del Tolima y su utilización en diferentes mezclas en una planta eléctrica marca lister, los resultados obtenidos se comparan con el diesel convencional y RBD de palma.

II. TRABAJO EXPERIMENTAL

El trabajo se realizó en tres fases. En la primera se caracteriza la materia prima, el proceso de producción de RBD y la determinación de las principales propiedades del combustible obtenido. En la segunda se mezclan el RBD de sebo y palma con diesel convencional y se determinan las propiedades de las mezclas y en la tercera se estudian aspectos del comportamiento mecánico y ambiental de un motor diesel marca lister de 18.75kW, funcionando con mezclas de RBD de aceite de palma y sebo con combustible diesel corriente, el RBD de palma fue proporcionado por la empresa Oleoflores y el diesel convencional se adquirió en una estación de servicio.

Caracterización de la materia prima

Una res presenta en su interior dos tipos de sebo identificados como de riñonada y canal, cuando nos referimos al sebo de riñonada, hablamos de la cantidad de sebo que rodea toda la parte de vísceras de una res. Por otra parte, el sebo de canal es proveniente de la pierna (parte trasera) el brazo (parte frontal); por consiguiente, es necesario establecer los pesos promedios por res de cada uno de estos tipos de sebos, para finalmente determinar las respectivas variables en un valor neto teniendo en cuenta la fracción específica. La tabla 1 muestra los tipos y cantidad de sebo promedio obtenidos de una res.

Tabla 1 - Tipos y cantidades de sebo obtenidos por res.

Tipo de sebo	Peso promedio sebo (Kg)/res	Fración porcentual de sebo (%)	Porcentaje total de composición de sebo (%)
Riñonada	6	100	16,22
Canal	31	Brazo 30% (9,3 Kg)	58,65
		Pierna 70% (21,7 Kg)	25,13

La caracterización del sebo vacuno se realiza a nivel experimental en el laboratorio de química de la Universidad de Ibagué, de acuerdo con la norma ASTM correspondiente. Las propiedades analizadas se presentan en la tabla 2.

Tabla 2 - Resultados experimentales de la caracterización del sebo vacuno.

Propiedad	Valor	Unidad
Poder calorífico inferior	8426,9	Kcal/Kg
Porcentaje de impurezas	20,46	%
Porcentaje de Humedad	2,70	%
Densidad a 50°C	0,898	g/ml
Punto de Nube	35,3 (95,94)	°C (°F)
pH	5	-
Índice de acidez a 5 días	1,72	% ácidos grasos

El sebo vacuno estudiado esta compuestos en su mayoría por los ácidos esteárico, palmítico y oleico. Estos ácidos representan el 88%, en el caso de los residuos grasos de res, lo cual es consistente con los datos reportados en la literatura [6], en la tabla 3, se presenta el contenido de ácidos grasos de algunos tipos de grasas y aceites de origen animal.

Tabla 3 - Contenido de ácidos grasos de algunos tipos de grasas y aceites de origen animal.

Tipo de grasa	Serie de ácidos grasos									
	14:0	14:1	16:0	16:1	18:0	18:1	18:2	18:3	20:1	20:3
Sebo vacuno										
Sebo interno	5	0,5	33	4	23	32	2	0,5	-	Trazas
Sebo externo (sebo subcutáneo)	5	3	20	12,5	5	39	4	1	0,5	Trazas
Sebo del pecho	4	2	32	16,5	5	37	3	-	0,5	Trazas
Grasa de cerdo										
Grasa interna	2	0,5	30	3,5	17	39	6,5	0,5	-	1
Grasa externa (tocino)	3	0,5	28	3,5	11	45	7	1	-	1
Grasa de huesos	3	1	23	5	7	58	2	1	-	-

Proceso de producción de RBD

El proceso se desarrolla en siete etapas que se describen a continuación:

-Limpieza: En esta etapa se retiran a mano residuos sólidos mayores provenientes de la planta de beneficio, tales como tendones, pedazos de carne y vísceras, y mediante lavado, la sangre.

-Trituración: Los trozos grandes de materia prima se cortan hasta reducirla a partículas entre 5 y 25 mm de tamaño, dicha operación se realiza a mano.

-Trabajo por fusión: Se realiza *fusión en seco a fuego directo*, empleando para ello un horno eléctrico, proporcionando agitación continúa.

-Filtrado: Se realiza en caliente, empleando un colador de 130 mm de diámetro en acero inoxidable (Tipo Malla 20), el cual se encarga de retener partículas solidas e impurezas que no fusionaron

-Neutralización: Se realiza con hidróxido de sodio, del cual se requiere 10 % en peso con relación a la cantidad de materia prima a refinar, a una temperatura de 95 °C y a presión atmosférica [7]. Se funde la materia prima y se calienta hasta una temperatura de 95 °C, luego se procede a la adición del hidróxido de sodio, con lo cual se da inicio a la reacción, la cual tarda aproximadamente 4 horas.

-Lavado: Finalizada la reacción se efectúa el lavado del sebo líquido con agua caliente (temperatura mayor a 80 °C), en relación 1:1 en peso respecto a la materia prima. El agua caliente es adicionada y agitada ligeramente.

-Secado: Finalmente se realiza el secado de la materia prima en el horno secador, a una temperatura entre 105 y 110 °C, durante 2 horas, en la figura 1, se presentan las etapas del proceso

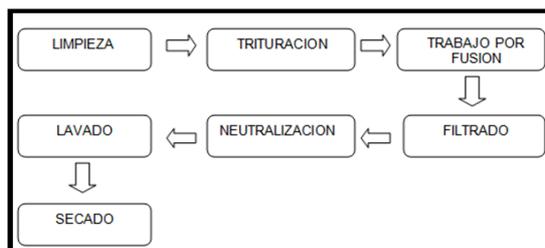


Figura 1 - Etapas de refinado de la materia prima

Una vez finalizadas las siete etapas, se empaqa la materia prima refinada en recipientes de polietileno, donde se deja enfriar a temperatura ambiente y luego se tapa herméticamente para su conservación y posterior uso.

Diseño de experimentos. El modelo que se emplea para la obtención del las mezclas de RBD de sebo y palma es un modelo tipo factorial por bloques al azar y algunas restricciones; para este proceso se toma una sola variable de entrada para evaluar en los ensayos experimentales, la cual es: Relación, grasa vacuna / Diesel, y como variables de salida o respuesta se tiene: el pH, la viscosidad, el punto de nube y la densidad. En la tabla 4, se presenta en número de ensayos realizados y las diferentes proporciones de la mezcla a utilizar.

Tabla 4 - Proporciones de mezclas sebo refinado con ACPM.

Nº de muestra	Sebo refinado 100% puro	%Diesel	Tipo de Biodiesel
9	90	10	B90
8	80	20	B80
7	70	30	B70
6	60	40	B60
5	50	50	B50
4	40	60	B40
3	30	70	B30
2	20	80	B20
1	10	90	B10

El sebo vacuno fue suministrado por el fondo ganadero del Tolima planta Carlina, y el hidróxido de sodio se compró en Tamisuelo S.A.

Al RBD obtenido y a las diferentes mezclas RBD-diesel convencional preparadas, se le determinaron sus principales propiedades como combustibles de acuerdo con las normas ASTM D-975, inicialmente se determinará la viscosidad, según la norma ASTM D445 a 40°C y la densidad seguidamente a una temperatura a la cual pueda ser tratado sin problemas, aunque lo ideal es a 15°C según Norma ASTM D1298; por último se conocerá el punto de nube según Norma ASTM D2500.

Usos del RBD de sebo y palma

El RBD obtenido mezclado con diesel convencional, fue probado en el Laboratorio de combustibles y combustión de la Universidad de Ibagué en una planta eléctrica marca lister de 18.75kW de capacidad encendido por compresión. En la figura 2 se muestra un esquema de la planta y el banco de bombillo utilizados.



Figura 2 - Banco de prueba biodiesel de sebo

En la tabla 5, se presenta las especificaciones técnicas de la planta eléctrica y en la tabla 6, las variables mecánicas y ambientales medidas y los instrumentos utilizados.

Tabla 5 - Especificaciones técnica de la planta lister

Especificaciones	Magnitud
Referencia	Lister
Numero de cilindros	3
Sistema de refrigeración	Aire
Capacidad	18.75Kw
Suministro combustible	Inyección
Ciclo de trabajo	Cuatro tiempos

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Producción de RBD

Una vez fija las condiciones anteriores y teniendo en cuenta los factores y niveles del diseño experimental presentados en la tabla 4, las variables de respuestas seleccionadas fueron: el punto de nube, la densidad, la viscosidad y el rendimiento final del etiléster, el cual se expresa como la relación entre la masa de biodiesel purificado obtenida y la masa de sebo original.

Tabla 6 - Variables medidas e instrumentos utilizados.

Parámetros Mecánicos				
Variable	Instrumento de medición	Marca	Rango	Precisión
Flujo masico de combustible	Balanza digital	Electronic scale	0-35 kg	± 0.001
Temperatura	Termopar tipo K	Smart sensor	-40 – 1300 °C	1°C
Régimen de giro	Sensor de proximidad		0-6000 rpm	180 rpm
Flujo de aire	Anemómetro de turbina	Elster	2-25 m/s	0.01 m/s
Potencia	Banco de eléctrico		45 kW	
Parámetro ambientales				
CO2	Analizador de gases	Bachara	0-20%	±5% L
NO2	Analizador de gases	Bachara	0-800 ppm	±5% L
SO2	Analizador de gases	Bachara	0-800 ppm	±5% L
CO	Analizador de gases	Bachara	0-5% V	±5% L
Opacidad	Opacímetro	Qrotech	0-100%	2%

En la figura 3, podemos notar que al obtener el biodiesel correspondiente al B10, el punto de nube disminuye en un **28,57%** respecto al sebo refinado 100% puro (B100). El efecto en la disminución en este parámetro, se debe a que, el punto de nube que posee en condiciones normales el ACPM es igual a 1°C.

En la literatura, según normas ASTM están por reportar el punto de nube ideal para un biodiesel de óptimas condiciones debido a la variación de temperatura ambiente a nivel mundial se hace imposible estandarizar un rango ideal de trabajo. Aunque es posible decir, que para la producción de biodiesel y una aplicación sin problemas se debería de trabajar con un punto de nube similar al del ACPM.

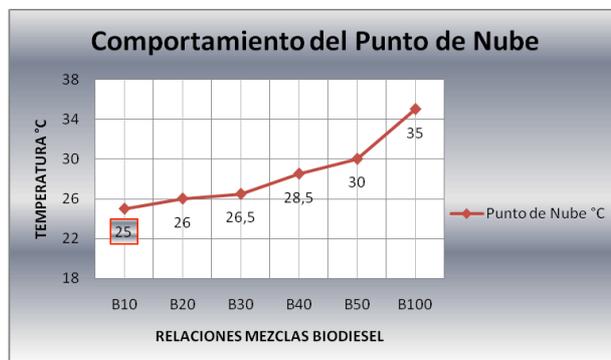


Figura 3 - Variación del punto de nube para diferentes mezclas de RBD y ACPM

El menor punto de nube se obtuvo para la mezcla B10, el cual fue de 25°C y al incrementar la proporción de RBD en la mezcla el punto de nube se incrementa en aproximadamente 1°C por cada relación de mezcla utilizada, si tenemos en cuenta que durante el día las condiciones ambientales de la ciudad de Ibagué promedio es de 28°C y durante la noche, puede disminuir hasta 17°C, durante el día se puede trabajar hasta con mezclas B30 sin requerir calentamiento externo para la noche y con mezclas superiores se requiere calentamiento externo, que en este caso se realizó con los gases de escape proveniente de la planta.

Es importante resaltar que las únicas normas existentes y establecidas a nivel mundial para condiciones de producción de Biodiesel con mezclas en ACPM, son las Normas Coreanas. En estas normas se establecen datos para

mezclas de B20 y B5, si analizamos el rango estandarizado para un B20, quien sería el más apropiado comparar; por lo que, se encuentra en una proporción superior de mezcla respecto a nuestro mejor tipo de biodiesel obtenido (B10), se estaría cumpliendo con lo estandarizado; debido a que la Norma estandariza la densidad entre un rango igual a 0,815-0,855 (g/ml). Aunque, no se estaría cumpliendo con el parámetro de temperatura a la cual se debe determinar la respectiva densidad, debido a que, lo ideal es a 15°C y actualmente se está determinando a 32°C para evitar contratiempos con el factor del punto de nube como se puede apreciar en la figura 4.

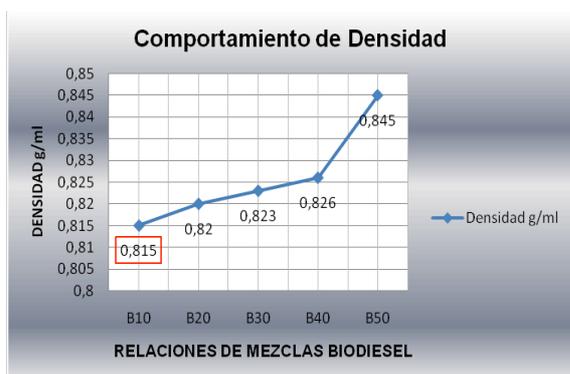


Figura 4 - Variación de la densidad para las diferentes mezclas de RBD y ACPM

Al identificar el mejor biodiesel B10 el cuál posee una viscosidad de 6,9 mm²/s (CSt); es posible, tomar como referencia la Normatividad Coreana quien para un Biodiesel B20 el rango de viscosidad a 40°C estandarizado es igual a 1,9-5,5 mm²/s (CSt) y la Norma ASTM D445 que estandariza un rango de viscosidad cinemática para un B100 igual a 1,9-6,0 mm²/s (CSt). A partir de lo anterior, es posible decir que el valor de viscosidad a 40°C obtenido para el Biodiesel B10 no satisface las condiciones de trabajo de un biodiesel de calidad; aunque el valor obtenido de la viscosidad está muy cercano al límite superior establecido por las dos normas, como se puede apreciar en la figura 5.

Utilización del RBD de sebo y palma

El análisis de los parámetros mecánicos y ambientales que determinan el desempeño de la planta eléctrica marca lister, se determino utilizando un diseño experimental factorial, en el cual, los factores a variar son combustible (% de RBD en la mezcla) y el modo de operación. La tabla 6, muestra en detalle los factores y niveles del diseño experimental.

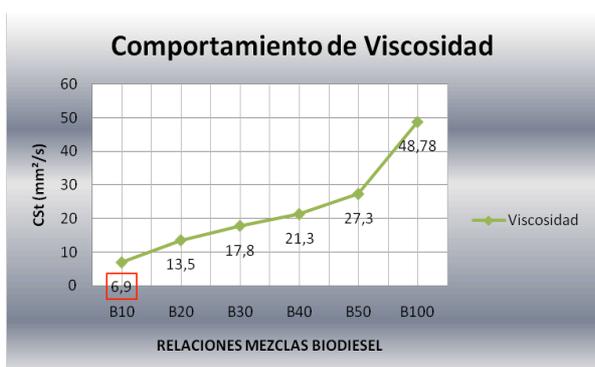


Figura 5 - Variación de la viscosidad del RBD para diferentes mezclas con ACPM

Cada combinación se llevo a cabo con tres réplicas calculadas para obtener una confiabilidad del 97% en el diseño experimental planteado.

Tabla 6 - Factores y niveles del diseño experimental.

Factores	Niveles	Señalación nivel
Combustible	Diesel común	B0
	Mezclas de diesel común - RBD de sebo	Según tabla N° 7
	Mezclas de diesel común - RBD de palma	Según tabla N° 7
Modo de operación	Revoluciones del motor (RPM)	
	900	Baja
	1500	Madia
	2100	Alta

En el desarrollo del trabajo tenemos en cuenta los parámetros efectivos [7-9] de los cuales evaluamos el consumo específico de combustible. Los parámetros ambientales evaluados fueron la opacidad de los humos, las emisiones de dióxido de carbono, SO₂ y NO.

Consumo específico

Analizando el consumo específico de combustible para las diferentes mezclas y comparándola con la línea base (ACPM), encontramos que con el RBD de palma, al comparar los resultados con los obtenidos para la línea base, estos no presentan un incremento significativo en la aceleración alta y media, presentándose una disminución del 55% en la aceleración baja. En las pruebas realizadas con RBD de sebo, en las aceleraciones alta y media el consumo específico de combustible fue superior a la línea base mientras que para la aceleración baja siempre fue inferior hasta en un 60% para la mezcla B10, en la figura 6 al 9 se presentan los resultados de la investigación.

Es importante mencionar que el levantamiento de la línea base (ACPM) y todas las pruebas realizadas con RBD de palma se tomaron a las condiciones ambientales de la ciudad de Ibagué, las pruebas con RBD de sebo, a partir de la mezcla B20 se calentaron a una temperatura de 45°C.

Al comparar los consumos específicos para los diferentes tipos de combustibles en las aceleraciones alta y media se puede afirmar que para la mezcla B10 este permanece constante, no encontrándose una diferencia significativa hasta la mezcla B40 y para mezclas superiores se presenta un incremento del 23% en el consumo para el RBD de sebo y una disminución del 10% para el de palma comparado con el grupo control.

Para baja aceleración los consumos específicos de RBD de sebo y Palma es inferior en un 40% al grupo control en todas las mezclas utilizadas.

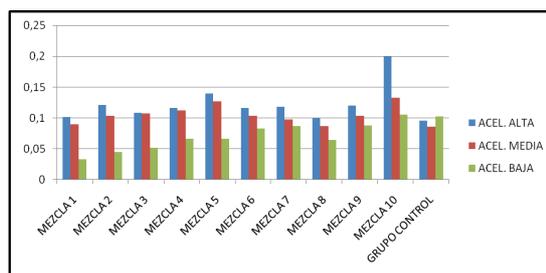


Figura 6 - Consumo específico de RBD de sebo

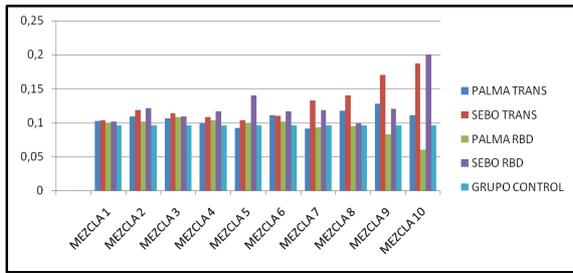


Figura 7 - Consumo específico por tipo de combustible en alta aceleración

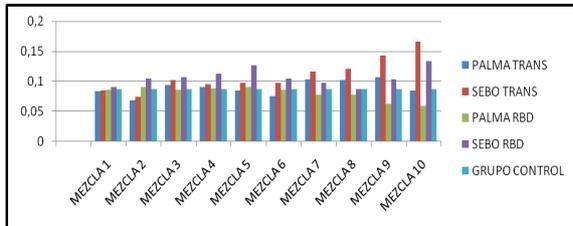


Figura 8 - Consumo específico por tipo de combustible en media aceleración

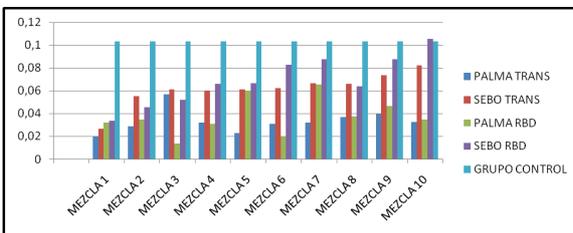


Figura 9 - Consumo específico por tipo de combustible en baja aceleración

Dióxido de carbono (CO₂)

Las concentraciones de CO₂ en las pruebas realizadas con RBD de sebo y palma disminuyen en un 17% para algunas mezclas en aceleraciones altas, para las aceleraciones medias, se presenta un incremento promedio del 12% en las concentraciones para el RBD de palma y sebo respectivamente. Cuando la planta es operada a baja aceleraciones la concentración incrementa en un 25% para el RBD de sebo y permanece constante para el de palma como se puede apreciar en las figuras del 10 al 12.

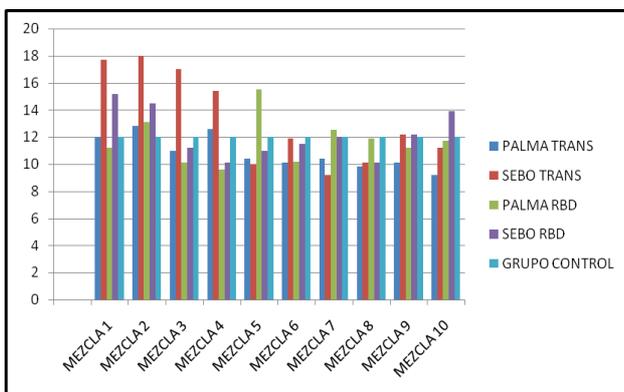


Figura 10 - Concentraciones de CO₂ por tipo de combustible en aceleraciones alta

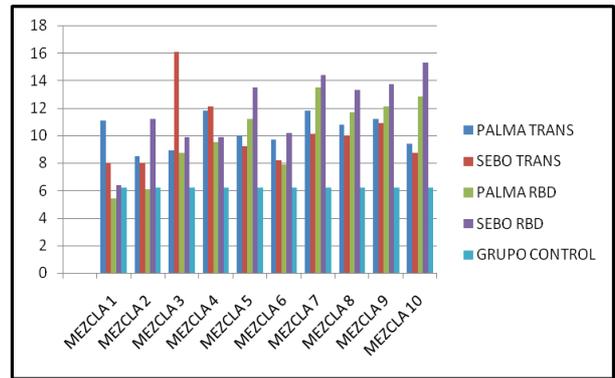


Figura 11 - Concentraciones de CO₂ por tipo de combustible en aceleraciones media

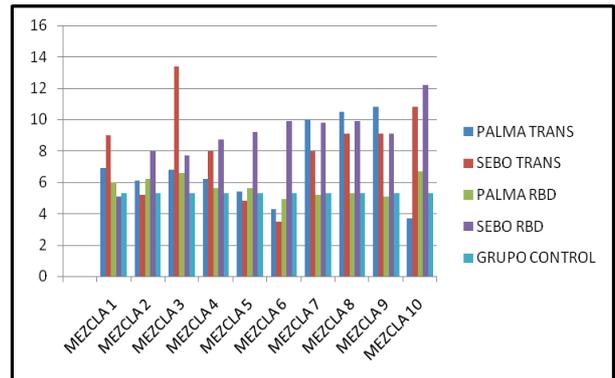


Figura 12 - Concentraciones de CO₂ por tipo de combustible en aceleraciones baja

Opacidad

En las figuras 13 al 15, podemos observar que al comparar los valores de opacidad del RBD de sebo y palma con la línea base, esta disminuye un 10% hasta la mezcla B40, presentándose un incremento a partir de esta en las aceleraciones media y baja y permanece casi constante durante las aceleraciones de alta.

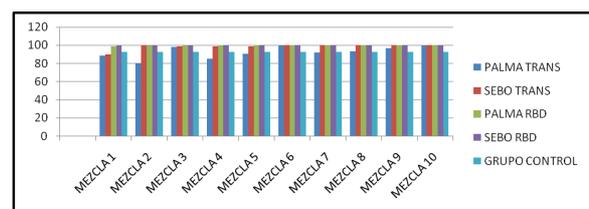


Figura 13 - Opacidad por tipo de combustible en aceleraciones alta

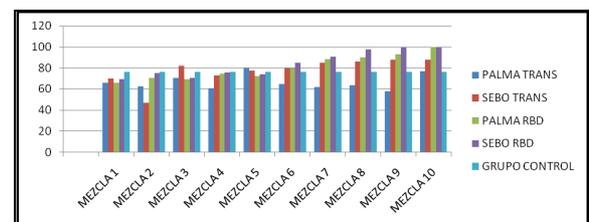


Figura 14 - Opacidad por tipo de combustible en aceleraciones medias

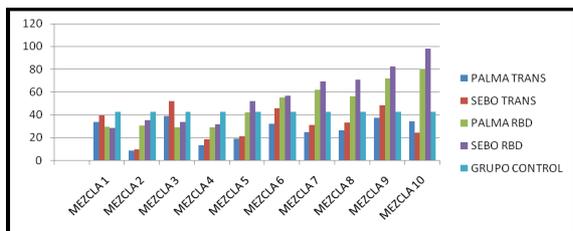


Figura15 - Opacidad por tipo de combustible en aceleraciones bajas

Dióxido de azufre (SO₂)

Las concentraciones de dióxido de azufre (SO₂) se incrementaron para todas las mezclas y aceleraciones al utilizar RBD de palma, cuando se trabaja con RBD de sebo, estas concentraciones tenderían a cero ya que no fueron detectadas por la sensibilidad del equipo.

Oxido nitrosos (NO)

Para el RBD de sebo no se encontró concentraciones de NO en los gases de escape.

Potencia

La potencia de salida se incrementa al utilizar RBD de sebo y palma hasta en un 5% para las aceleraciones alta y media y disminuye hasta en un 38% en las aceleraciones bajas. El incremento puede obedecer al calentamiento que se realiza al RBD de sebo y palma cuando utilizamos mezclas superiores al 20%. En las figuras 16 al 18 se puede apreciar dicho comportamiento.

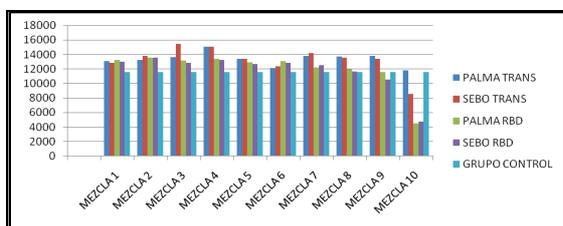


Figura 16 - Potencia de salida utilizando los diferentes combustibles en aceleración alta

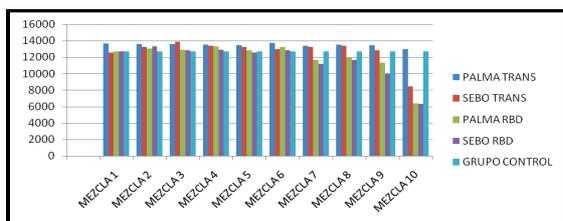


Figura 17- Potencia de salida utilizando los diferentes combustibles en aceleración media

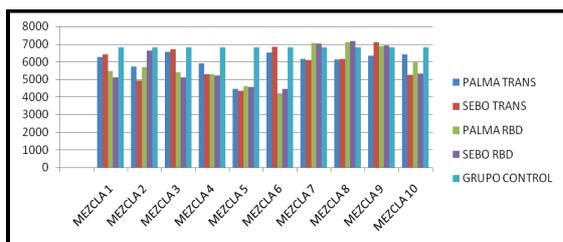


Figura 18 - Potencia de salida utilizando los diferentes combustibles en aceleración baja

IV. CONCLUSIONES

Aunque el sebo vacuno se presente como una materia prima difícil de manejar, en especial por su alto punto de nube (35,3 °C) y su alto valor de viscosidad, los resultados parciales demuestran que es posible producir RBD a partir de dicha grasa. Se debe conocer claramente propiedades como la acidez del sebo empleado, con el fin de neutralizar la mayor cantidad de ácidos grasos libres y evitar el contenido de estos en el biocombustible.

En la realización de las mezclas de RBD de sebo y palma con diesel corriente, se observa que las proporciones B10 y B20 presentan buen comportamiento a temperatura ambiente, pues mantiene una fluidez aceptable (B10 totalmente líquido y B20 60% líquido) y un punto de nube por debajo de los 28 °C, con lo cual se estima que estas mezclas pueden ser implementadas en los equipos mencionados, sin que presente mayores problemas.

El consumo específico de combustible para las diferentes mezclas no presenta un incremento significativo en la aceleración alta y media, presentándose una disminución del 55% en la aceleración baja al utilizar RBD de palma. En las pruebas realizadas con RBD de sebo, en las aceleraciones alta y media el consumo específico de combustible fue superior a la línea base mientras que para la aceleración baja siempre fue inferior hasta en un 60% para la mezcla B10.

Las concentraciones de CO₂ en las pruebas realizadas con RBD de sebo y palma disminuyen en un 17% para algunas mezclas en aceleraciones altas, para las aceleraciones medias, se presenta un incremento promedio del 12% en las concentraciones para el RBD de palma y sebo respectivamente. Cuando la planta es operada a baja aceleraciones la concentración incrementa en un 25% para el RBD de sebo y permanece constante para el de palma.

Las concentraciones de NO y SO₂ al utilizar el RBD de palma mezclado con ACPM en el motor lister, se incrementan durante todas las aceleraciones, Dichas concentraciones no fueron perceptibles para el RBD de sebo.

La potencia de salida de la planta se incrementa en un 5% al utilizar RBD de sebo o palma y trabajar la planta a alta y media aceleración, cuando la planta se trabaja a baja aceleración la potencia disminuye hasta en un 38%.

V. REFERENCIAS

- [1] ANDERSEN. J.C. y WILLIAMS P.N. Refinación de Aceites y Grasas Comestibles. Editorial Continental. México 1965.
- [2] J. R AGUDELO, P. BENJUMEA. Biodiesel de aceite crudo de palma Colombiano: Aspectos de su obtención y utilización. Universidad de Antioquia. 2004.
- [3] A. Y. BENAVIDES,. Biodiesel de aceite de higuera. Una evaluación de su obtención y utilización. Trabajo dirigido de grado. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. 2004.
- [4] C. L. BARAJAS. Obtención de biodiesel a partir de la higuera (ricinus communis). 1er Seminario Internacional de Biocombustibles. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. 2004.
- [5] J.CORTES. Producción de biodiesel a partir de subproductos de la industria avícola. Megaproyecto para el

- futuro. 1er Seminario Internacional de Biocombustibles. Universidad Nacional de Colombia Sede Bogotá. 2004.
- [6] S. BADUI DERGAL. Química de los alimentos. Tercera edición. Pearson Educación. 213-232. Naucalpan Edo. México. México, 1993
- [7] J. B. HEYWOOD. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill. New York. 1988.
- [8] H. A. GAMBOA. Pruebas de desempeño en banco de un motor Diesel mono cilíndricos utilizando una mezcla de aceite de palma Refinado, blanqueado y desodorizado y Diesel petroquímico. En Colombia. 2006.
- [9] F. J. RODRÍGUEZ , Ó. J YÉPEZ. Estudio de la mezcla optima Diesel- Aceite de palma usada como combustible en un motor a Diesel. Facultad de ingeniería mecánica. Sede Sangolqui.(2007).

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



AVALIAÇÃO DA BIODEGRADAÇÃO DE SACOLAS PLÁSTICAS

SUZAN ALINE CASARIN¹; OSVALDO FRANCISCO DE SOUZA JÚNIOR² & JOSÉ AUGUSTO MARCONDES AGNELLI¹

1 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS – UFSCAR, DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE MATERIAIS; 2 – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP, INSTITUTO DE FÍSICA DE SÃO CARLOS – IFSC
sacasarin@yahoo.com.br

Resumo - Este trabalho apresenta os resultados de um estudo que objetivou acompanhar e avaliar a biodegradação em solo, através das mudanças nas propriedades térmicas e mecânicas de sacolinhas plásticas utilizadas em supermercados. Para o desenvolvimento do trabalho foram utilizados quatro tipos diferentes de sacolinhas plásticas, duas confeccionadas com o polímero Polietileno (PE), sacolinha tradicional, uma na cor branca e uma na cor azul, uma de polímero biodegradável e a outra oxi-biodegradável. As sacolinhas foram enterradas em composto orgânico. Foram preparados três dispositivos de ensaio de biodegradação, para 100, 200 e 300 dias. Ao final de cada ensaio, as amostras degradadas foram avaliadas através da perda de massa, propriedades térmicas e propriedades mecânicas. Com base nos resultados foi observado que as sacolinhas plásticas de PE (branca e azul) praticamente não perderam massa ao longo do ensaio de biodegradação. A sacolinha oxi-biodegradável perdeu mais massa que as convencionais, porém a porcentagem de perda de massa foi baixa. A sacolinha biodegradável foi a que mais perdeu massa ao longo do ensaio de biodegradação.

Palavras-chave: Polímeros Biodegradáveis. Polímeros Oxi-Biodegradáveis. Biodegradação em Solo.

I. INTRODUÇÃO

Os plásticos são amplamente utilizados em muitas aplicações, tais como embalagens, materiais de construção e de commodities, bem como em produtos de higiene. No entanto, o problema da poluição ambiental causada pelo uso indiscriminado e o descarte irresponsável de resíduos deste material, assumiu proporções grandiosas. Esses plásticos convencionais, que são sinteticamente derivados do petróleo, não são facilmente biodegradáveis e são considerados prejudiciais ao meio ambiente devido à grande geração de resíduos. Estes, em sua maioria, são extremamente duráveis e apresentam um sério risco ambiental, especialmente nos centros urbanos [1].

Historicamente, a inserção e crescimento das sacolas plásticas no mercado, substituindo as tradicionais embalagens de papel, teve início na década de 70. Entre as vantagens do plástico pode-se destacar sua leveza, baixo custo, selabilidade sob calor, transparência, flexibilidade, assepsia e capacidade de suportar peso sem romper-se. Dada essas características, as sacolas descartáveis de plástico convencional, denominadas aqui simplesmente de sacolas plásticas, tem função de facilitar o transporte e proteger os produtos [2].

As sacolas plásticas, quando utilizadas e descartadas de forma inadequada, tornam-se nocivas ao meio ambiente. Ao

serem depositadas em lugares não apropriados, como aterros e lixões sem estrutura ecológica, podem ser carregadas pelo vento, contaminando rios, oceanos e lagos, e ocasionando a morte de diversas espécies de animais aquáticos ou terrestres. Em consequência das mutações ocorridas na sociedade e dos impactos ambientais, estabeleceram-se diversas discussões, com pontos de vista favoráveis e desfavoráveis. Há os que são adeptos de abolir o uso de sacolas descartáveis, sobretudo em redes de supermercados, implantando assim o uso de ecobags ou sacolas retornáveis. Há entidades que representam o setor de plásticos e incentivam a continuidade do uso de sacolas plásticas, com ênfase no reuso e descarte, desde que não se agride o meio ambiente [3]. Outros defendem o uso de sacolas de plástico oxi-biodegradáveis. Outros, ainda, defendem que o uso de ecobags é uma ilusão, tendo em vista que sua finalidade é desvirtuada: ao invés de as utilizarem para ir ao supermercado, os consumidores as usam mais como um acessório para passeio do que como medida de preservação ambiental [4]. E outra opção é o uso de sacolas de plásticos biodegradáveis.

Os chamados plásticos oxi-biodegradáveis, também conhecidos como OBP, consistem de polímeros contendo aditivos que aceleram sua degradação oxidativa na presença de luz ou calor. Esses aditivos são compostos de metais de transição: Ferro, Níquel ou Cobalto. Essa tecnologia foi desenvolvida na Inglaterra, pela empresa Symphony Plastics (www.d2w.net). De acordo com o fabricante, com a presença dos aditivos, a decomposição do plástico no ambiente que levaria 400 anos, levará apenas 18 meses [5].

Os polímeros biodegradáveis são materiais degradáveis, em que a degradação resulta primariamente da ação de microrganismos, tais como fungos, bactérias e algas de ocorrência natural, gerando CO₂, CH₄, componentes celulares e outros produtos, segundo estabelecido pela “American Standard for Testing and Materials” (ASTM-D-833). Ou de outro modo, são materiais que se degradam em dióxido de carbono, água e biomassa, como resultado da ação de organismos vivos ou enzimas [6].

Este estudo teve como objetivo acompanhar e avaliar a biodegradação em solo, através das mudanças nas propriedades térmicas e mecânicas de sacolinhas plásticas utilizadas em supermercados.

II. MATERIAIS E MÉTODOS

Materiais

Neste estudo foram utilizados quatro tipos diferentes de sacolinhas plásticas, duas confeccionadas com o polímero Polietileno (PE), sacolinha tradicional, uma na cor branca e uma na cor azul, uma sacolinha de polímero biodegradável e a outra de polímero oxi-biodegradável.

Biodegradação em Solo

O ensaio de biodegradação foi realizado em solo seguindo as normas ASTM D 6003 e ASTM G 160 [7, 8]. O solo utilizado é um composto orgânico umidificado à base de esterco de aves e materiais orgânicos de origem vegetal, fabricado pela Provaso Indústria e Comércio de Fertilizantes Orgânicos S/S Ltda. com as seguintes especificações: N (mínimo) 1%; Matéria Orgânica mínima 40%; Umidade máxima 40%; pH 6; C/N máximo 18/1. Para este ensaio de biodegradação foram preparados três dispositivos de ensaio de biodegradação, para 100, 200 e 300 dias, sendo que cada dispositivo continha uma amostra de cada material. Ao final de cada ensaio, as amostras degradadas foram lavadas cuidadosamente com água, secas em estufa por 48hs a 50°C, resfriadas em temperatura ambiente e pesadas.

Caracterização

Medidas de perda de massa: As medidas de perda de massa das amostras foram obtidas em escala analítica após a biodegradação e pode ser expressa através da porcentagem de perda de massa (Equação 1).

$$\text{Perda de Massa (\%)} = \frac{(W_0 - W_1)}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

onde W_0 e W_1 são massas das amostras antes e após a biodegradação, respectivamente.

Calorimetria exploratória diferencial (DSC): As análises por DSC foram efetuadas utilizando-se o aparelho da TA Q100. Para todos os materiais, foi realizado o aquecimento da temperatura ambiente até 220°C, com taxa de aquecimento de 20°C/minuto.

Ensaio mecânico de tração: Os ensaios mecânicos de tração foram realizados em uma Máquina Universal de Ensaio Instron 5500R, com célula de carga de 500N, distância entre garras (l_0) igual a 40 mm e com uma velocidade de 20 mm/min. Os ensaios de tração foram realizados seguindo os procedimentos da Norma ASTM D-882 [9], sendo os resultados obtidos da média de 6 valores amostrais.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise visual

A aparência das sacolinhas biodegradadas, após 300 dias em contato com o solo, pode ser visualizada na Figura 1. Após cada período de biodegradação, as sacolinhas oxi-biodegradável e a biodegradável, apresentaram mudança no aspecto visual, como alteração na coloração e na textura superficial (maior rugosidade). A presença de regiões de pigmentação e a rugosidade presentes na superfície dos

corpos de prova são decorrentes do processo de biodegradação, o mesmo resultado foi observado por Pellicano [10]. Nas sacolinhas de PE (branca) e PE (azul), não foram observadas alterações.

Analisando visualmente as amostras é perceptível que a biodegradação foi mais agressiva para a sacolinha confeccionada com polímero biodegradável. Nota-se também que a biodegradação não foi homogênea ao longo da sacolinha, sendo que algumas regiões foram preferencialmente atacadas.

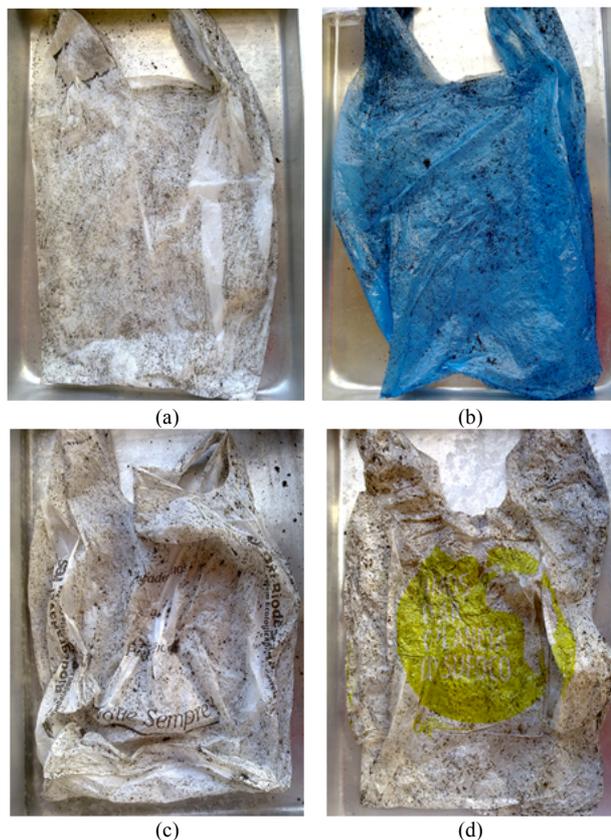


Figura 1 – Fotos das sacolinhas (a) PE (branca), (b) PE (azul), (c) Oxi-biodegradável e (d) biodegradável após 300 dias de biodegradação

Medidas de perda de massa

A Figura 2 ilustra o gráfico da porcentagem de perda de massa ao longo do tempo de biodegradação para todos os materiais estudados. Analisando o gráfico nota-se que as sacolinhas confeccionadas com PE praticamente não perderam massa ao longo do ensaio, em torno de 0,4% ao término de 300 dias. Observou-se que o pigmento utilizado na sacolinha azul não teve influência na degradação da mesma, obtendo-se resultados semelhantes para as sacolinhas branca e azul.

As sacolinhas de polímeros oxi-biodegradáveis perderam o dobro de massa em comparação com as convencionais, porém o valor é muito baixo quando comparado com as de polímeros biodegradáveis. É importante ressaltar que os polímeros oxi-biodegradáveis degradam na presença de oxigênio, portanto a baixa perda de massa observada pode ser atribuída a esse fator. O mesmo comportamento foi observado por Ojeda ao comparar a degradação abiótica e biótica dos polímeros oxi-biodegradáveis [11].

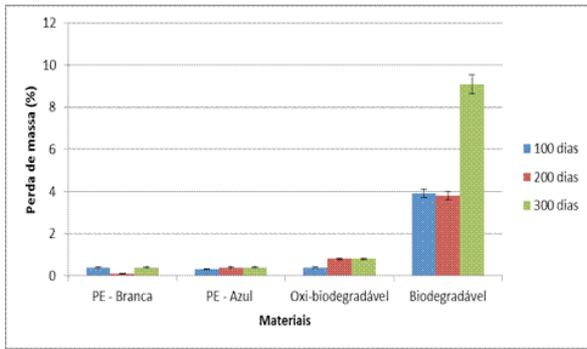


Figura 2 – Percentagem de perda de massa ao longo do tempo de biodegradação

As sacolinhas biodegradáveis foram as que perderam mais massa ao longo do ensaio, em torno de 9% ao término dos 300 dias. O resultado era esperado já que na literatura encontra-se estudos de ensaios de biodegradação em solo com os polímeros utilizados para a fabricação da sacola, sendo eles o Poli(ácido lático) – (PLA), Ecoflex e o Amido [10-12].

Calorimetria exploratória diferencial (DSC)

Com a realização da análise de DSC, onde as curvas são apresentadas nas Figuras 3 e 4, pode-se observar que a temperatura de fusão das sacolinhas de PE, tanto a branca (Figura 3 (a)) quanto a azul (Figura 3 (b)), não se alterou, permanecendo em torno de 128°C ao longo do ensaio de biodegradação.

Para a sacolinha oxi-biodegradável foi observado o mesmo comportamento, onde a temperatura de fusão também não se alterou ao longo do ensaio de biodegradação.

No caso das sacolinhas biodegradáveis foram observadas algumas alterações ao longo do ensaio, um pequeno deslocamento da temperatura de fusão em torno de 3°C após 300 dias em contato com o solo.

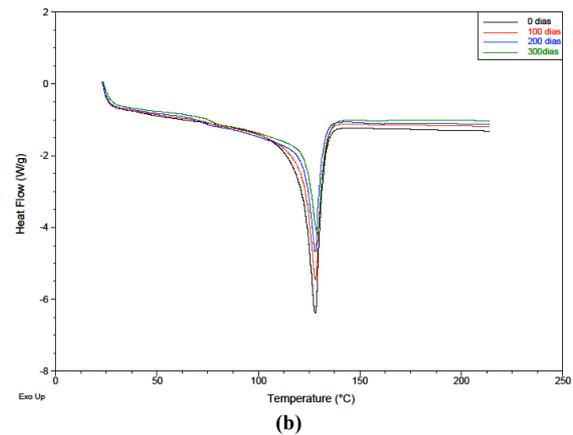
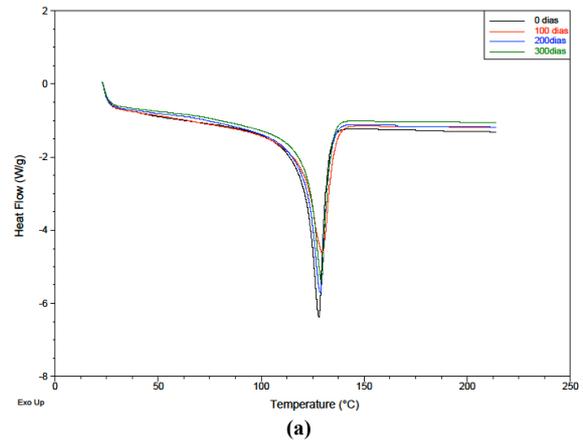


Figura 3 – Curvas comparativas DSC da sacolinha de (a) PE (branca) e (b) PE (azul) ao longo do tempo.

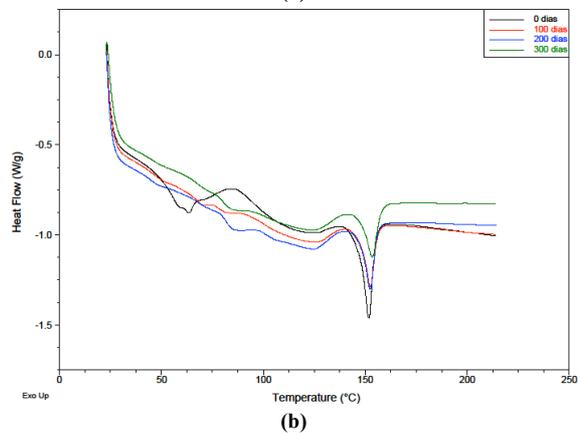
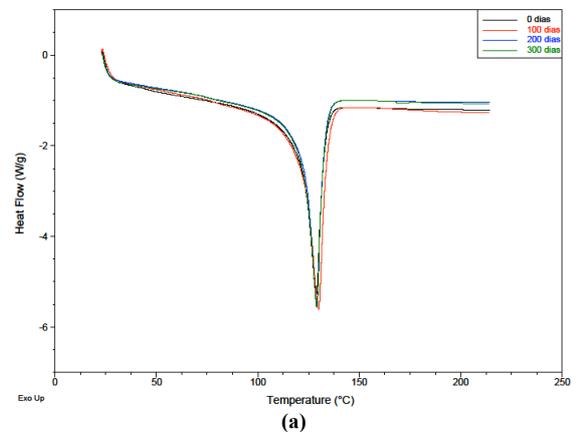


Figura 4 – Curvas comparativas DSC da sacolinha (a) oxi-biodegradável e (b) biodegradável ao longo do tempo.

Ensaio mecânico de tração

Os resultados dos ensaios de tração antes (tempo zero) e depois (100, 200 e 300 dias) do ensaio de biodegradação estão apresentados na Tabela 1.

No caso das sacolinhas biodegradáveis observa-se que houve uma queda gradativa nas propriedades mecânicas ao longo do ensaio de biodegradação. Para os outros 3 tipos de sacolinhas, os resultados do ensaio de tração não permitiram uma avaliação adequada.

Tabela 1 – Resultados do ensaio de tração.

Materiais	Tensão no Escoamento (MPa)	Deformação no Escoamento (%)	Módulo de Elasticidade (GPa)	Tensão na Ruptura (MPa)	Deformação na Ruptura (%)
PE – 0 dia	34,1 ± 2,0	66,1 ± 9,3	1,3 ± 0,2	34,0 ± 1,9	67,2 ± 10,1
PE – 100 dias	38,5 ± 7,6	58,5 ± 9,9	1,0 ± 0,2	38,0 ± 7,4	59,0 ± 9,1
PE – 200 dias	29,0 ± 4,6	57,8 ± 21,5	1,2 ± 0,2	28,5 ± 4,5	59,1 ± 22,6
PE – 300 dias	23,1 ± 5,3	52,3 ± 32,4	1,1 ± 0,3	22,4 ± 5,5	66,7 ± 16,1
PE azul – 0 dia	34,9 ± 1,8	67,0 ± 8,4	0,5 ± 0,2	34,0 ± 2,0	68,0 ± 10,0
PE azul – 100 dias	39,5 ± 4,5	57,1 ± 14,0	0,6 ± 0,2	38,3 ± 4,8	65,5 ± 11,6
PE azul – 200 dias	16,0 ± 2,3	48,6 ± 11,4	0,5 ± 0,1	15,4 ± 2,2	55,8 ± 12,6
PE azul – 300 dias	23,8 ± 3,7	48,9 ± 16,4	0,7 ± 0,1	23,3 ± 3,6	57,9 ± 16,8
Oxi-biodegradável - 0 dia	39,8 ± 6,3	55,5 ± 23,5	0,7 ± 0,5	39,0 ± 6,5	64,2 ± 19,7
Oxi-biodegradável - 100 dias	50,7 ± 13,0	87,8 ± 22,1	1,9 ± 0,5	50,1 ± 12,9	88,6 ± 23,4
Oxi-biodegradável - 200 dias	16,6 ± 3,1	25,8 ± 21,2	1,0 ± 0,3	15,7 ± 3,5	63,5 ± 42,2
Oxi-biodegradável - 300 dias	32,8 ± 8,2	48,8 ± 34,7	1,6 ± 0,7	31,8 ± 8,4	63,1 ± 25,2
Biodegradável – 0 dia	60,0 ± 10,4	19,1 ± 9,0	2,0 ± 1,4	57,6 ± 11,1	25,2 ± 14,3
Biodegradável – 100 dias	36,4 ± 6,2	15,5 ± 9,7	1,8 ± 0,7	36,1 ± 6,3	15,8 ± 9,6
Biodegradável – 200 dias	21,2 ± 3,1	11,1 ± 4,9	1,0 ± 0,5	21,1 ± 3,2	11,1 ± 4,9
Biodegradável – 300 dias	12,8 ± 5,5	3,9 ± 2,1	0,5 ± 0,4	12,6 ± 5,6	4,8 ± 3,2

IV. CONCLUSÃO

Através das análises realizadas pode-se concluir que as sacolinhas plásticas de PE (branca e azul) praticamente não perderam massa ao longo do ensaio de biodegradação. Observou-se que a diferença de cor das sacolas convencionais não interfere na degradação e nas propriedades das sacolinhas, pois não ocorreram alterações nas propriedades térmicas e nem nas propriedades mecânicas.

A sacolinha oxi-biodegradável perdeu mais massa que as convencionais, porém a porcentagem de perda de massa foi baixa. Pode-se concluir que as sacolas confeccionadas com polímero oxi-biodegradável, degradam muito pouco em ambiente biótico e praticamente não ocorreram alterações nas suas propriedades térmica e mecânica.

Somente a sacola biodegradável perdeu uma quantidade significativa de massa e sofreu alterações nas propriedades térmicas e mecânicas.

V. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Polímeros Biodegradáveis Biocycle (DEMa / UFSCar) e à FAPESP.

VI. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - Mottin, A. C.; Câmara, J. J. D.; Miranda, C. A. S. & Pagnan, C. S. O uso de bioplásticos no desenvolvimento de produtos sustentáveis. In **1º Congresso Nacional de Design, Desenhando o Futuro** (2011).
- 2 – Santos, A.S.F.; Freire, F.H.O.; Costa, B.L.N. Sacolas Plásticas: Destinações Sustentáveis e Alternativas de Substituição. **Polímeros**, 22, n. 3, p.228-237, 2012.
- 3 – Roque, L. P. Setor de plástico contra-ataca e lança campanha milionária para defender sacolinhas. Revista Sustentabilidade. Sep 09, 2009. Disponível em: <http://www.revistasustentabilidade.com.br/>.
- 4 – Tonello, D.; Guissoni, L. S.; Rizzo, M. R.; Ribeiro, S. P. & Tisott, S. T.. A polêmica da redução e extinção do uso das sacolas plásticas nos supermercados. In: **Periódico eletrônico: Fórum Ambiental da Alta Paulista – Associação Amigos da Natureza da Alta Paulista (ANAP)**, v. 07, n.4 (2011).
- 5 – Brito, G.F.; Agrawal, P.; Araújo, E.M. & Mélo, T. J. A. Biopolímeros, Polímeros Biodegradáveis e Polímeros Verdes. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v.6.2, p.127-139 (2011).
- 6 – Franchetti, S. M. M. & Marconato, J. C. Polímeros biodegradáveis – uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. **Química Nova**, v.29, n.4, p.811-816 (2006).
- 7 – ASTM D6003-96 - “Standard method for determining weight loss from plastic materials exposed to simulated municipal solid-wast (MSM) aerobic compost environment”. Philadelphia, 1996.
- 8 – ASTM G160-98 - “Standart practice for evaluating microbial susceptibility of nonmetallic materials by laboratory soil burial”. Philadelphia, 1998.
- 9 – ASTM D882-00 - “Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting”. United States, 2000.
- 10 – Pellicano, M.; Pachekoski, W. & Agnelli, J.A.M. – **Polímeros**, 19, 3, p.212 (2009).
- 11 – Ojeda, T.F.M. Biodegradabilidade de materiais poliméricos. 128p. Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2008.
- 12 – Kobayschi, M. Nanocompósitos e Biocompósitos de PHBV. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Carlos – São Carlos (2011).

VII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



INSERÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NA MATRIZ ELÉTRICA DO ESTADO DO PARANÁ: ANÁLISE DO POTENCIAL PRODUTIVO

GERSON MAXIMO TIEPOLO^{1,2}; JAIR URBANETZ JUNIOR¹; OSIRIS CANGIHLIERI JUNIOR²

1 – UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ - UTFPR

2 – PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ - PUCPR

tiepolo@utfpr.edu.br¹

Resumo - O tema Desenvolvimento Sustentável tem ganhado cada vez mais repercussão nas esferas da sociedade, contribuindo para uma maior consciência da necessidade da preservação dos recursos naturais, assim como no desafio de continuar a promover o desenvolvimento sócio - econômico das regiões. Uma das questões fundamentais para este desenvolvimento sustentável está na Geração de Energia Elétrica com a utilização cada vez maior de fontes renováveis de energia, e com menor agressão ao meio ambiente. Historicamente, o Estado do Paraná é um dos maiores produtores de energia elétrica do país através das hidroelétricas. Entretanto o aproveitamento desta fonte está em constante declínio devido ao esgotamento do potencial hídrico, e também devido à pressão da sociedade quanto aos impactos ambientais ocasionados pela sua instalação. Para superar estas limitações, outras fontes têm sido estudadas e aplicadas como a biomassa, a eólica e a fotovoltaica. Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFRCRs) têm tido vasta aplicação no ambiente urbano como geradores de energia elétrica junto ao ponto de consumo de forma distribuída, intensamente aplicados em diversos países, principalmente na Europa, normalmente não necessitando de área adicional, visto que podem ser instalados sobre a cobertura da edificação. O objetivo deste artigo é o de apresentar uma análise do potencial produtivo por fonte fotovoltaica no Estado do Paraná, contribuindo para uma futura elaboração de incentivos para a disseminação desta fonte. Para isto foram escolhidas 48 cidades, de forma a abranger de forma geográfica e amostral todo o estado, com as suas respectivas irradiações. Como resultado deste estudo, foi elaborado o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná.

Palavras-chave: Desenvolvimento Sustentável. Energias Renováveis. Geração Distribuída. Políticas Públicas.

I. INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável é oriundo de um longo processo histórico de avaliação e reavaliação das relações entre a sociedade e o meio ambiente. Por se tratar de um processo contínuo, varias abordagens existem até hoje e que procuram explicar este conceito, sendo primeiramente discutido pela *World Conservation Union*, num documento intitulado *World's Conservation Strategy*, onde aborda que para que o desenvolvimento seja sustentável, as dimensões social e ecológica devem ser consideradas, assim como os fatores econômicos, dos recursos vivos e não-vivos, e vantagens de curto e longo prazo em ações de cunho alternativo. Embora tenha tido como foco o conceito de preservação ambiental, mais tarde

através do então Relatório Brundtland foi incorporado também o elemento humano, com intuito de gerar o equilíbrio entre as dimensões ambiental, econômica e social (VAN BELLEN, 2006).

Existe uma expectativa quanto ao crescimento da população de forma globalizada, sendo que em 2050 muitas regiões globais deverão estar com as suas respectivas populações ainda com índices de crescimento elevado, e em contra partida haverá outras regiões em que haverá uma estabilização ou decréscimo destes índices de crescimento da população.

Na mesma linha, prevê-se um aumento significativo da renda per capita até 2030, tanto na América Latina e Caribe como no Mundo em geral, o que pode resultar em uma menor desigualdade econômica e social, mas também e muito provavelmente num maior consumo de fontes energéticas, em especial a elétrica, com a melhoria da qualidade de vida e maior poder de compra da população em geral. Estas tendências devem influenciar de maneira expressiva os governantes quanto às estratégias de investimentos futuros na área de energia (GLENN et al, 2011). Os valores de crescimento populacional global para 2050 e os valores de renda per capita para a América Latina e Caribe para 2030 podem ser observados respectivamente na figura 1 e na tabela I.

Diante disto, o correto planejamento do setor energético é extremamente importante para assegurar a continuidade do abastecimento de energia ao menor custo, com o menor risco e com os menores impactos socioeconômicos e ambientais para a sociedade, além de servir como ferramenta de apoio na formulação de políticas públicas e na elaboração de referências e diretrizes para a mensuração de indicadores de eficiência, qualidade e de meio ambiente, necessários para o seu controle.

No Brasil muito estudo energético tem contribuído para elaboração da Matriz Energética Brasileira, como os realizados pela Empresa de Pesquisa Energética – EPE, que desenvolveu um estudo a nível nacional das projeções para 2030, chamado de Plano Nacional de Energia 2030. Dentro deste planejamento, temos especial atenção quanto á geração de energia elétrica, imprescindível para o atual estágio de desenvolvimento em que a humanidade de forma geral necessita nas suas mais variadas fontes geradoras de energia renováveis e não renováveis.

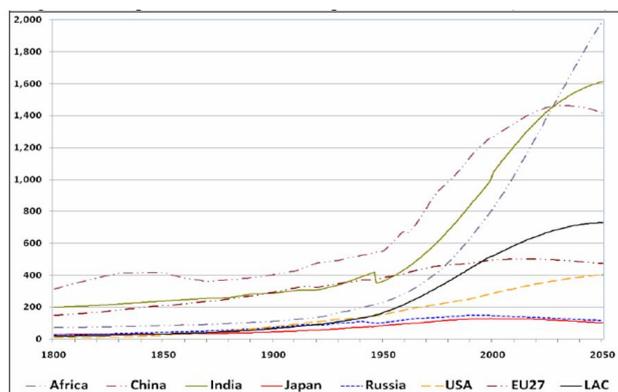


Figura 1- Evolução comparativa das populações 1800 – 2050 (escala linear), em milhões de habitantes. Fonte: GLENN et al, 2011

De forma geral, as fontes de energia utilizadas para a geração de energia elétrica são oriundas de: hidroelétrica, nuclear, termoeétrica, eólica, fotovoltaica, e algumas outras fontes.

Tabela I - América Latina no contexto geral (Comparação com outras regiões) – Perspectivas 2030. Fonte: GLENN et al, 2011.

Country/ Region	Area (Million Km2)	Population density (People/Km2)		Population (Million people)		GDP (PPP, Billion US\$ 2010)		GDPe (PPP, Thousand US\$ 2010)	
		2010	2050	2010	2050	2010	2030	2010	2030
Africa	30.222	37	66	988	1.998	2.348	11.686	2.376	5.849
China	9.641	139	147	1.337	1.417	10.051	80.097	7.518	56.526
India	3.287	359	491	1.181	1.614	3.887	26.418	3.291	16.368
Japan	0.378	336	270	127	102	4.296	6.878	33.828	67.434
Russia	17.075	8	7	141	116	2.229	6.087	15.807	52.478
USA	9.827	32	41	312	404	14.705	36.373	47.132	90.034
EU27	4.325	116	109	501	473	15.213	28.016	30.367	59.230
LAC	21.070	27	35	576	729	6.444	19.650	11.188	26.955
World (land)	148.940	46	67	6.909	9.150	74.004	240.246	10.711	26.256

Das fontes citadas, a nuclear, devido principalmente aos últimos acontecimentos no Japão com o vazamento de material radioativo da usina de Fukushima, fez com que alguns países reversem o seu planejamento energético prevendo a médio e longo prazo a descontinuidade da geração de energia elétrica através desta fonte, como por exemplo, a Alemanha e recentemente o próprio Japão, mostrando de certa forma a fragilidade deste sistema e os impactos ambientais, sociais e econômicos atrelados a esta fonte energética.

Os cenários energéticos globais num horizonte até 2020 indicam sobre mudanças tecnológicas, novas descobertas, e a substituição dos recursos atuais para o desenvolvimento de uma matriz energética melhor, onde teremos mais gás, maior oferta de energias renováveis e novas forças energéticas em evidência. Segundo os especialistas, em 40 anos a energia solar e a energia em hidrogênio deverão estar consolidadas no cenário energético, a ponto de governos começarem a tornar a instalação de painéis fotovoltaicos obrigatórios em edifícios governamentais novos (SENAI – FIEP, 2007).

Em termos de Brasil, o estado do Paraná é um dos maiores produtores de energia elétrica do país através das hidroelétricas, devido a grande bacia hidrográfica existente, com uma pré-disposição para análise e aplicação de outras fontes como a biomassa, a eólica e a fotovoltaica. Mas em relação à fonte fotovoltaica, poucos estudos e aplicações

foram realizados até o momento, necessitando o estado de maiores investimentos neste setor.

Diante disto, o objetivo deste artigo é o de apresentar uma análise do potencial produtivo por fonte fotovoltaica no Estado do Paraná, contribuindo para uma futura elaboração de incentivos para a disseminação desta fonte. Para isto foram escolhidas 48 cidades, de forma a abranger de forma geográfica e amostral todo o estado, com as suas respectivas irradiações. Como resultado deste estudo, foi elaborado o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná.

II. REVISÃO DE LITERATURA

No Brasil, por ser considerada uma fonte de baixo custo, a principal fonte geradora de energia elétrica provém de usinas hidroelétricas, muito em virtude das grandes bacias hidrográficas existentes. Entretanto, o impacto ambiental gerado pela implantação dessas usinas tem estado cada vez mais em discussão, devido às vastas áreas inundadas e que são necessárias para a formação do reservatório para movimentação das turbinas dos seus geradores (URBANETZ, 2010). Há de se considerar também outros impactos ocorridos durante a sua implantação, como o social, uma vez que os moradores das áreas inundadas deverão ser transferidos para outros lugares, nem sempre com a mesma infraestrutura que possuíam anteriormente, assim como o impacto financeiro da região afetada.

Com intuito de descongestionar os sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia elétrica em alguns países na Europa, em destaque a Alemanha e Espanha, o cenário tem favorecido para a geração distribuída, onde os consumidores acabam por gerar parte ou toda energia necessária para suprir as suas necessidades pessoais, principalmente através de células fotovoltaicas, sendo que a energia não utilizada e excedente pode ser entregue ao sistema elétrico.

Os sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) apresentam um novo conceito de geração de energia limpa e renovável de energia elétrica, com crescimento mundial superando os Sistemas Fotovoltaicos Isolados (SFI). A potência total gerada de SFCRs instalados passou dos 3,5 GWp em 2005, para 7,5 GWp em 2007, e em 13 GWp em 2008 (REN21, 2009). De acordo com DISPLAYBANK (2009), em 2009 o crescimento foi 46% superior ao de 2008, atingindo 19 GWp, e a estimativa pela EPIA (2010) era que em 2010 fossem adicionados entre 10 e 15 GWp, o que acabou se confirmando. Ao final de 2011, segundo IEA (2012), o valor total instalado acumulado foi de aproximadamente 65 GWp.

No mesmo ritmo, a produção de módulos fotovoltaicos cresceu anualmente, passando de um patamar no ano de 2005 de 1,8 GWp (REN21, 2009), para 12,3 GWp no ano de 2009 (PHOTON - INTERNATIONAL, 2010).

Entre os países com maior capacidade instalada até o fim de 2009 tínhamos a Alemanha, Espanha, Japão, Estados Unidos, Itália e Coreia do Sul (REN21, 2009), (DISPLAYBANK, 2009), (PHOTON - INTERNATIONAL, 2010a), (PHOTON - INTERNATIONAL, 2010b), sendo que no Japão através do programa de incentivo intitulado *Sunshine* também houve progressos significativos (REN21, 2007). Já em 2011, a Itália avançou de forma muito

significativa neste cenário, implantando cerca de 9,3 GWp, de forma que os países com as maiores capacidades instaladas acumuladas passaram a ser: Alemanha, Itália, Japão, Espanha, Estados Unidos, China e França (IEA, 2012).

No Brasil, a energia solar fotovoltaica ainda carece de maiores investimentos. Muitos estudos desta fonte energética estão em desenvolvimento em algumas universidades no país, mas o aporte financeiro em projetos de geração de energia elétrica através de iniciativas públicas e privadas ainda é insipiente.

Ainda não se tem um grande número de projetos de relevância implantados de Sistemas Fotovoltaicos Conectados a Rede (SFCR), vistos como uma forma de geração distribuída (GD) ao longo dos alimentadores da rede de distribuição elétrica, tanto em baixa como em média tensão, e que contribuem para disponibilizar a energia próxima ao ponto de consumo, o que dificulta a análise de fatores impactantes no sistema, restringindo-se estes investimentos basicamente em universidades e centros de pesquisa, com o objetivo de prospectar os benefícios e viabilidade desta tecnologia, com poucas instalações voltadas para efetiva geração de energia.

Dentre as instituições que desenvolvem pesquisa neste tema, podemos citar a Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC que implantou para pesquisa e desenvolvimento em seu campus o Sistema Fotovoltaico do LABSOLAR, o qual está em operação desde setembro de 1997, sendo este considerado como sendo o primeiro sistema fotovoltaico conectado à rede no Brasil e integrado a uma edificação urbana. Há também o sistema Fotovoltaico da CELESC em Florianópolis, instalado pelas equipes do LABSOLAR e da CELESC em dezembro de 2003, o Sistema Fotovoltaico do Laboratório de Energia Solar da Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, que foi instalado em 2004, e o sistema Fotovoltaico do Laboratório de Sistemas Fotovoltaicos do Instituto de Eletrotécnica e Energia da Universidade de São Paulo, instalado em 2004, dentre outros (URBANETZ, 2010). Na tabela II são apresentados os SFCR's em operação no Brasil até 2009, o que demonstra o fraco investimento nesta tecnologia até então.

Tabela II - SFCR's em operação no Brasil até 2009. Fonte: BENEDITO e ZILLES, 2010.

LOCAL	SISTEMAS	POTÊNCIA (kWp)
Universidade Federal de Santa Catarina - LabSolar	3	13,2
Universidade de São Paulo - LSF	4	16,1
Universidade Federal do Rio Grande do Sul	1	4,8
Universidade Federal de Pernambuco - Grupo FAE	3	5,7
Universidade Federal de Juiz de Fora	1	31,7
Universidade Federal do Pará - GEDAE	1	1,6
Universidade Estadual de Campinas - LH2	1	7,5
CEPEL - Centro de Pesquisas em Energia Elétrica	1	16,0
CELESC - Centrais Elétricas de Santa Catarina	3	4,2
CEMIG - Companhia Energética de Minas Gerais	4	11,0
Eletrosul Centrais Elétricas S.A.	2	14,3
Tractebel Energia	3	6,0
Intercâmbio Eletro Mecânico - Porto Alegre	1	3,3
Clínica Harmonia - São Paulo	1	0,9
GREENPEACE - Sede São Paulo	1	2,9
Residências Particulares	2	3,9
Solaris (Leme - SP)	1	1,0
Grupo Zeppini	2	17,1
TOTAL	35	161,3

Porém, de acordo com a ANEEL (2011) com a Chamada nº 13/2011 - Projeto Estratégico: “Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira”, onde se prevê o acréscimo de 24,58 MWp de potência instalada, sendo quatro dos projetos aprovados relacionados ao programa Estádios Solares para a Copa de 2014, e com o lançamento da Regulamentação 482/2012, , houve uma sinalização por parte do governo especificamente para esta fonte (ANEEL, 2012). Com isto, algumas iniciativas começaram a serem implementadas já em 2011 e 2012, fazendo com que o total acumulado implantado no Brasil esteja próximo dos 2 MWp, muito superiores aos valores existentes anteriormente, mas muito aquém dos valores praticados em outros países, principalmente os europeus.

A implantação de grandes usinas de energia elétrica de fonte fotovoltaica é uma tendência cada vez maior, principalmente com os avanços tecnológicos recentes, tornando a eficiência das células e inversores cada vez maiores, e em paralelo na diminuição dos custos de implantação devido a alta concorrência, aliada a crise econômica que atravessam alguns países, e conseqüentemente no menor prazo para retorno dos investimentos.

Principalmente na Europa, muitos dos investimentos aconteceram principalmente graças as políticas públicas adotadas e conseqüentemente aos subsídios fornecidos para incrementar os investimentos nesta tecnologia. A figura 2 apresenta o crescimento da potência solar instalada acumulada globalmente entre 1992 e 2011 para produção de energia elétrica.

Seguindo esta mesma tendência, o mesmo espera-se que aconteça no Brasil, embora a situação do país quanto às reservas hídricas influenciem ainda sobre o aspecto de se adiar temporariamente uma política pública mais acentuada quanto aos investimentos em outras fontes. Sobre este prisma, percebe-se a necessidade quanto a forte presença dos órgãos governamentais, de forma a atuar como Normatizador, Regulador, Fiscalizador, Executor, Coordenador, Indutor e Financiador das ações necessárias para o desenvolvimento do país. Neste contexto, para que ocorram investimentos expressivos neste setor, torna-se fundamental a intervenção do estado como incentivador e financiador, quer sejam através de incentivos ou não (HEIDEMANN e SALM, 2010).

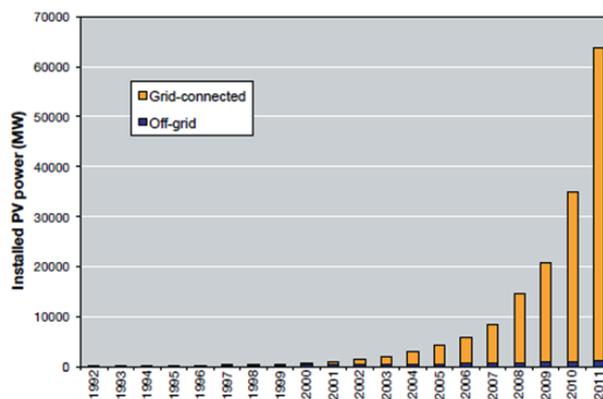


Figura 2 - Potência instalada acumulada de sistemas fotovoltaicos no mundo. Fonte: EIA, 2012

Além desta questão financeira associada ao custo de investimento e do prazo necessário ao retorno financeiro, há de se pensar também na questão territorial do país, onde normalmente as grandes fontes geradoras de energia se encontram em bacias hidrográficas específicas, normalmente distantes dos grandes centros de consumo e das demais regiões do país que também necessitam ser desenvolvidas, de forma a propiciar condições de qualidade de vida compatíveis com o ser humano.

Neste contexto, o investimento na geração distribuída torna-se uma grande aliada para o desenvolvimento regional, social e ambiental, visto as perdas existentes na transmissão e distribuição devido a estas grandes distâncias. Regiões com grande irradiação solar tendem a ser priorizadas nos investimentos da tecnologia fotovoltaica, apesar da necessidade latente de disseminar este conceito em áreas urbanas. Desta forma, a questão da geração distribuída nestes centros deverá ganhar proporções ainda maiores, de forma a evitar a dependência atual e total de energia elétrica de fontes geradoras distantes. A própria configuração do modelo de distribuição de energia pode ser afetada, tornando necessário o incentivo a geração distribuída, principalmente através de painéis fotovoltaicos. A figura 3 apresenta um mapa com a variação da radiação solar no Brasil.

A figura 3 sugere que em algumas áreas dos estados do Rio grande do Sul, Santa Catarina, Paraná e São Paulo, com exemplo, estes investimentos deveriam ser menores em comparação a outras regiões, devido a incidência de radiação solar menor em comparação com outras regiões mais favorecidas. Entretanto cabe salientar que países como a Alemanha, onde temos a maior potência instalada de sistemas fotovoltaicos conectados à rede (SFCCR), a sua região de maior incidência de radiação solar é aproximadamente 40% menor do que a pior região no Brasil. A figura 4 mostra o mapa solar da Alemanha.

Diante disto, percebe-se a viabilidade sobre os investimentos necessários em fonte fotovoltaica no Brasil, se comparados com as condições de irradiação existentes na Alemanha, país líder em SFCCR's instalados.

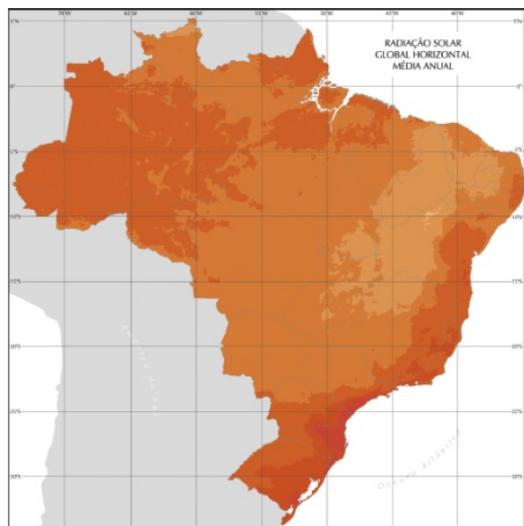


Figura 3 - Mapa com a Irradiação Solar Global no Plano Horizontal – Média Anual. Fonte: PEREIRA et al, 2006, p. 34

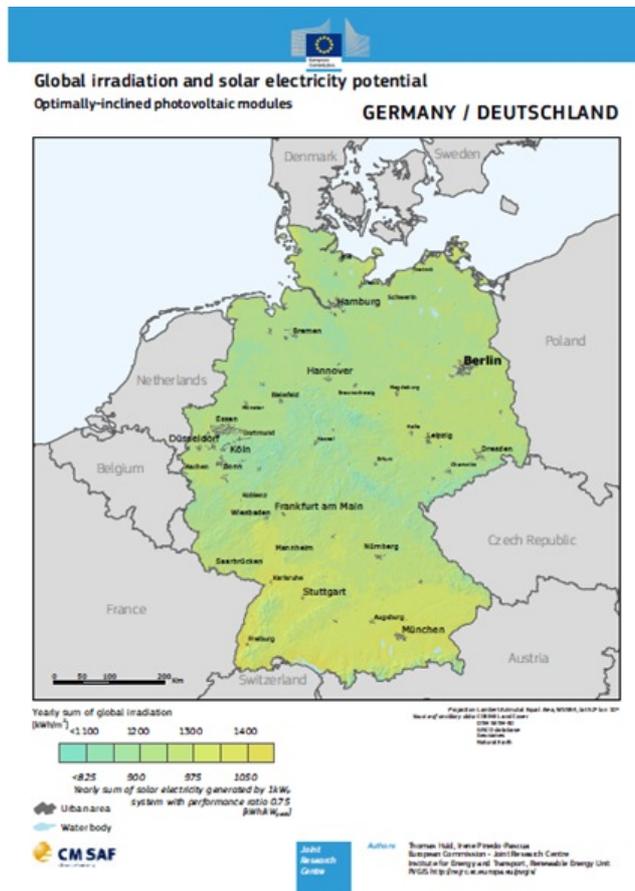


Figura 4 - Mapa solar na Alemanha
Fonte: EUROPEAN COMMISSION, 2012

Outra questão importante a se destacar neste cenário é quanto à diminuição dos custos de fabricação e quanto ao aumento do rendimento das células, o que interfere diretamente na escolha sobre qual investimento seria a melhor opção para a geração de energia elétrica limpa, fazendo com que o prazo para retorno dos investimentos se tornem cada vez menores, o que viabiliza ainda mais esta opção de fonte geradora de energia. Tudo isto aliado a possibilidade de se implantar plantas de forma distribuída, próximas as áreas de consumo.

III. DETERMINAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NO ESTADO DO PARANÁ ATRAVÉS DE FONTE SOLAR FOTOVOLTAICA

Foram selecionadas nesta pesquisa 48 cidades no estado do Paraná de forma amostral, distribuídas o mais uniformemente possível, de forma a abranger todas as regiões do estado. A figura 5 mostra o mapa do estado do Paraná com a identificação das cidades utilizadas como base da pesquisa.

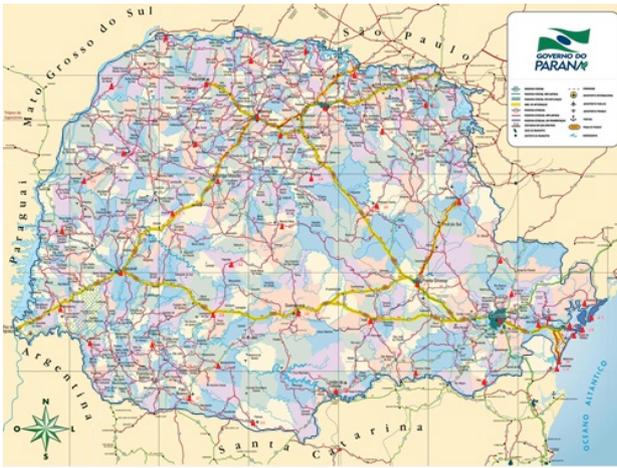


Figura 5 - Mapa do Estado do Paraná com as 48 localidades pesquisadas.
 Fonte: <http://www.guiageo-parana.com/mapa-parana.htm>.
 Adaptado pelo autor

Para cada uma das localidades escolhidas foram identificadas a sua latitude e longitude de acordo com o cadastro do aplicativo Google Earth. Com base nestas coordenadas, e utilizando-se a base de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2006 para o plano inclinado foram identificados os valores da irradiação de cada uma das localidades.

O Atlas Brasileiro de Energia Solar – 2006 mostra a média anual do total diário de irradiação solar global incidente no território brasileiro, sendo que o valor máximo de irradiação global ocorre no norte do estado da Bahia, próximo à fronteira com o estado do Piauí, com valores de 6,5 kWh/m².dia, com predominância de clima semiárido com baixa precipitação ao longo do ano (aproximadamente 300mm/ano) e a média anual de cobertura de nuvens mais baixa do Brasil. Em contrapartida, a menor irradiação solar global ocorre no litoral norte de Santa Catarina, caracterizado pela ocorrência de precipitação bem distribuída ao longo do ano, com valores de 4,25 kWh/m².dia (PEREIRA et al, 2006).

Ainda segundo PEREIRA et al (2006), os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do território brasileiro estão entre 1500 e 2500 kWh/m².ano, sendo superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como Alemanha (entre 900 e 1250 kWh/m².ano), França (entre 900 e 1650 kWh/m².ano) e Espanha (entre 1200 e 1850 kWh/m².ano), onde projetos para aproveitamento de recursos solares foram impulsionados com fortes incentivos governamentais. A figura 6 mostra o mapa de irradiação solar no plano global inclinado.

Para este estudo, os dados pesquisados no Atlas para determinação dos valores de irradiação em cada uma das localidades foi feita através da base de dados no plano global inclinado, pois para se obter o maior desempenho em SFCR's, os mesmos devem estar inclinados conforme a latitude do ponto onde será implantado o sistema fotovoltaico.

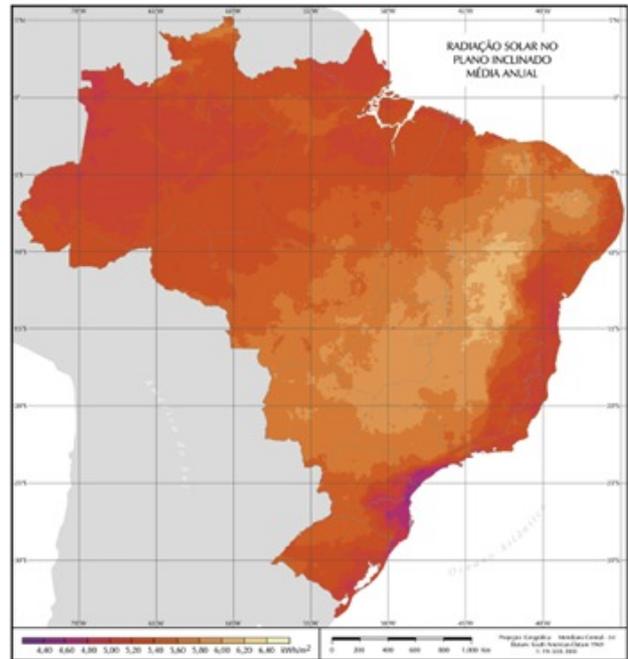


Figura 6 - Mapa com a Irradiação Solar Global no Plano Inclinado – Média Anual. Fonte: PEREIRA et al, 2006, p. 38

Para a obtenção dos valores previstos de geração de energia elétrica em cada uma das localidades, foram considerados os seguintes requisitos:

- Potência do sistema : 1 kWp
- *Performance Ratio*: 75 %
- G_{stc}: 1 kW/m²
- Inclinação do sistema fotovoltaico: acompanha a latitude da localidade pesquisada (maior produção de energia elétrica para SFCR)
- Orientação do sistema fotovoltaico: orientado para o Norte Verdadeiro (geográfico).

O *Performance Ratio* ou Taxa de Desempenho, é a relação entre a produtividade (kWh/kWp) e a quantidade de horas de sol a 1.000W/m² (condição STC) incidentes no painel fotovoltaico, normalmente vinculada a um ano de operação. Esta grandeza é expressa em porcentagem (URBANETZ e CASAGRANDE, 2012). De outra forma podemos também dizer que este valor representa o desempenho descontando as perdas existentes no sistema tais como: perdas nos inversores, nas conexões, e principalmente perdas devido à elevação da temperatura nos módulos devido a temperatura ambiente.

Para cálculo da energia elétrica gerada prevista no sistema, foi utilizada a seguinte equação:

$$\text{Energia elétrica (kWh/dia)} = \frac{\text{Pot. Painel (kWp)} * \text{Irradiação diária média (kWh/m}^2\text{.dia)} * \text{Perf. Ratio}}{\text{G}_{stc} \text{ (kW/m}^2\text{)}}$$

onde:

- Pot. Painel: potência do sistema fotovoltaico (no trabalho foi considerado 1kWp);
- Irradiação diária média: valor da irradiação encontrada na base de dados do Atlas Brasileiro de Energia Solar - 2006 para o plano global inclinado, na latitude e longitude mais próximas das coordenadas do local pesquisado;
- Perf. Ratio: *Performance Ratio* (no trabalho foi considerado 75%, ou 0,75);

- G_{stc}: irradiância solar na condição STC (1000 W/m², temperatura ambiente de 25°C, e Massa de Ar de 1,5)

Através dos critérios estabelecidos, foram calculados os valores de geração de energia elétrica diária prevista para cada uma das localidades. Com base nestes cálculos, pode-se verificar a distribuição dos valores encontrados de energia diária em kWh, para cada 1 kWp implantado, onde encontrou-se os seguintes valores:

- Menor valor de energia elétrica diária: 3,49 kWh
- Maior valor de energia elétrica diária: 4,31 kWh
- Média dos valores de energia elétrica diária das 48 cidades: 4,01 kWh

Os valores encontrados, como esperado, são muito superiores aos encontrados em países onde a fonte solar fotovoltaica é amplamente utilizada, como na Alemanha, que até o final de 2011 já havia implantado aproximadamente 24 GWp. Em termos comparativos, os valores de energia elétrica previstos gerados na Alemanha para 1kWp são 2,16 kWh para o menor valor, e 2,98 kWh para o maior valor de energia elétrica diária gerada.

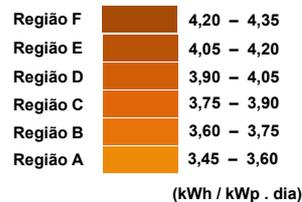
Através dos valores mínimo e máximo encontrados, foi estabelecida uma escala de valores para agrupar as localidades com valores próximos de energia elétrica prevista.

As escalas estabelecidas seguiram uma sequência a partir de 3,45 kWh como o valor inicial, com intervalo de 0,15 kWh entre uma escala e outra, chegando-se ao seguinte resultado:

- 3,45 – 3,60
- 3,60 – 3,75
- 3,75 – 3,90
- 3,90 – 4,05
- 4,05 – 4,20
- 4,20 – 4,35

Com estas escalas determinadas, foram agrupadas no mapa do Paraná as localidades cujos valores de energia elétrica diária gerada em kWh se encontravam em cada um dos intervalos estabelecidos.

Para melhor visualização, para cada escala determinada, foi elaborada uma sequência de cores, seguindo o padrão internacional conforme utilizado nos atlas solarimétricos disponíveis, mostrando de forma mais clara o comportamento em cada uma das regiões encontradas.



Com base nestes agrupamentos, pode-se obter o Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná com os valores de energia elétrica gerada prevista, conforme figura 7.

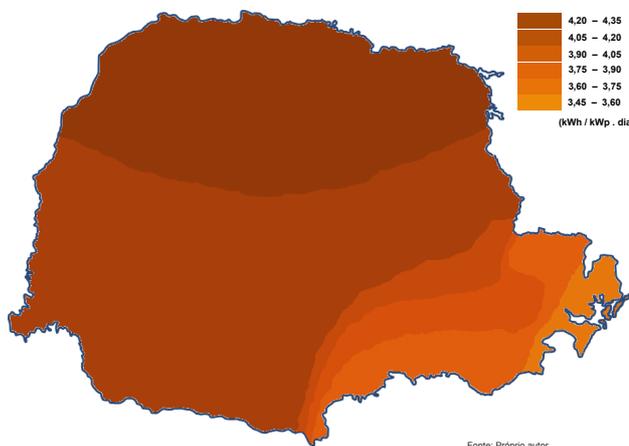


Figura 7. Mapa Fotovoltaico do estado do Paraná

A partir das informações geradas pelo mapa para sistemas de 1kWp, é possível determinar quais os valores gerados previstos de energia elétrica para qualquer potência de sistema fotovoltaico a ser implantado, em qualquer das regiões do estado, conforme mostra a tabela III.

Os valores demonstrados na tabela III indicam qual a energia elétrica prevista que o sistema irá disponibilizar, beneficiando uma melhor produção anual de energia em SFCR, e considerando um PR = 75%.

Em casos onde a inclinação do sistema não acompanha a latitude local, ou onde a orientação do sistema não acompanha o norte verdadeiro apresentando desvio azimutal, os valores de energia elétrica gerada serão inferiores dos expostos na tabela acima, para um mesmo PR = 75%.

Tabela III - Tabela com valores de energia elétrica prevista gerada em kWh, para cada 1kWp, 2kWp, 3kWp e 4kWp instalado, em cada uma das regiões estabelecidas. Fonte: próprio autor.

Valores de Energia Elétrica Diária e Mensal previstas no sistema FV em kWh, geradas para cada 1 kWp implantado, considerando: inclinação do sistema FV acompanhando a latitude do local; orientação do sistema FV acompanhando o norte verdadeiro (geográfico); Performance Ratio 0,75										
Região	Energia DIÁRIA média gerada em kWh para : 1 kWp implantado		Energia MENSAL média gerada em kWh para : 1 kWp implantado		Energia MENSAL média gerada em kWh para : 2 kWp implantado		Energia MENSAL média gerada em kWh para : 3 kWp implantado		Energia MENSAL média gerada em kWh para : 4 kWp implantado	
	Mínimo	Máximo								
A	3,45	3,60	105	110	210	219	315	329	420	438
B	3,60	3,75	110	114	219	228	329	342	438	456
C	3,75	3,90	114	119	228	237	342	356	456	475
D	3,90	4,05	119	123	237	246	356	370	475	493
E	4,05	4,20	123	128	246	256	370	383	493	511
F	4,20	4,35	128	132	256	265	383	397	511	529

IV. CONCLUSÕES

O crescimento populacional e industrial, associado ao crescimento da renda per capita prevista para um horizonte de 20 anos, conforme demonstrados na figura 1 e tabela I, são fatores que impulsionarão os investimentos na matriz energética em todo o mundo. Isto inclusive deverá mudar em muito as relações existentes entre os países e as suas produções, visto que as projeções apontam para um crescimento muito grande da renda per capita na China para os próximos 20 anos (será aproximadamente 8 vezes maior em relação a 2010). Isto poderá afetar significativamente os cenários existentes onde muitos processos produtivos estão sendo levados para China, Índia e alguns países da América Latina e Caribe.

É inevitável que os investimentos em fontes renováveis de energia como a fotovoltaica estejam em alta, mediante a evolução das tecnologias utilizadas tanto a nível mundial como nacional, e respectivamente pela diminuição dos custos de implantação e melhoria significativa na eficiência nestas tecnologias, a ponto de se comparar os custos relacionados a outras fontes historicamente importantes como hidroelétricas e termoeletricas.

O objetivo desta pesquisa foi o de apresentar uma análise do potencial produtivo através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica de energia (SFCR's) para o estado do Paraná.

A escolha das 48 cidades fez com que fossem obtidas informações valiosas quanto ao potencial de geração de energia elétrica em cada região identificada.

A elaboração do Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná possibilita que sejam percebidas as regiões e seus diferentes potenciais de geração de energia elétrica. A tabela apresentada mostra, para cada região identificada no estado, os diferentes valores de energia elétrica diária e mensal a ser gerada, para 1kWp instalado, de acordo com as premissas definidas.

Os valores de energia elétrica gerados por SFCR encontrados no Mapa Fotovoltaico do Estado do Paraná são entre 44% e 61% superiores aos encontrados na Alemanha (país com maior potência FV implantada com 24 GW até 2011), demonstrando a potencialidade desta fonte.

As informações apresentadas neste trabalho são um passo importante para a determinação de futuros investimentos através desta fonte no estado do Paraná, assim como na elaboração de políticas específicas para incentivo ao seu desenvolvimento.

V. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Chamada nº 13/2011 - Projeto Estratégico: Arranjos técnicos e comerciais para inserção da geração solar fotovoltaica na matriz energética brasileira. Brasília: Aneel, 2011. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/PeD_2011-ChamadaPE13-2011.pdf>. Acesso em abr. 2012.

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. Regulamentação para energia solar fotovoltaica. 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>

aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Identidade=5457&id_area=90>. Acesso em abr. 2012.

BENEDITO, R. S.; ZILLES, R. A expansão da oferta de energia elétrica nos centros urbanos brasileiros por meio de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Revista Brasileira de Energia, Vol. 16, nº 1, 1º Sem. 2010, pp. 7-19.

DISPLAYBANK. Global PV Market Grew 9.1% to 6.0 GW. 2009. Disponível em: <<http://www.displaybank.com/eng/info/sread.php?id=5728>>. Acesso em abril 2012.

EPIA - European Photovoltaic Industry Association. Global market outlook for photovoltaics until 2014. Bruxelas, Bélgica: EPIA, 2010.

EUROPEAN COMMISSION. European Solar Teste Installation. Solar radiation and photovoltaic electricity potential country and regional maps for Europe. Disponível em: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/cmmaps/eu_cmsaf_opt/G_opt_DE.pdf>. Acessado em dezembro / 2012.

GLENN, J. C.; GORDON, T. J. & FLORESCU, E. Futures studies around the World. In: "2011 State of the future". Washington, EUA: The millennium project, global futures studies & research. 2011, cap. 7. Disponível em: <<http://www.millennium-project.org/millennium/2011SOF.html>>. Acesso em abril 2012.

HEIDEMANN, F. G. & SALM, J. F. Políticas Públicas e Desenvolvimento. Bases epistemológicas e modelos de análise. Brasília: Editora Unb, 2ª ed., 2010.

IEA - International Energy Agency. Trends Report 2012. Trends in photovoltaic applications. Survey report of selected IEA countries between 1992 and 2011. Disponível em: <<http://www.iea-pvps.org/index.php?id=32>>. Acesso em novembro 2012.

PEREIRA, E. B.; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Ruther, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos, 1ª Edição, 2006, p. 34. Disponível em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/themes/ccst-2.0/pdf/atlas_solar-reduced.pdf>. Acesso em dezembro / 2012.

PHOTON-INTERNATIONAL. The Solar Power Magazine. Surprise, surprise. Berlim - Al.: TSPM, março. 2010.

PHOTON-INTERNATIONAL. 1 GW in sight. march, 2010a.

PHOTON-INTERNATIONAL. Disappointing developments. march, 2010b.

REN21. Renewables 2007 - Global Status Report. Washington, EUA: Worldwatch Institute, 2007, p. 26. Disponível em: <http://www.greenunivers.com/wp-content/uploads/2010/05/Global_Market_Outlook_for_PhotoVoltaics_until_20141.pdf>. Acesso em abr. 2012.

REN21. Renewables 2009 update - Global Status Report. Washington, EUA: Worldwatch Institute, 2009, p.32.

SENAI - FIEP. "Cenários Energéticos Globais 2020". Curitiba: SENAI - FIEP, 2007, 2ª Ed.

URBANETZ, J. Sistemas fotovoltaicos conectados a redes de distribuição urbanas: sua influência na qualidade da energia elétrica e análise dos parâmetros que possam afetar a conectividade. Tese de doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil - PPGEC. Florianópolis: UFSC, 2010.

URBANETZ, J; CASAGRANDE, E. F. Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica do Escritório Verde da UTFPR. VIII CBPE – Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Curitiba, 2012.

VAN BELLEN, H. M. Indicadores de Sustentabilidade. Uma análise comparativa. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2ª ed. 2006.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



ENZYMATIC PRODUCTION OF METHYL/ETHYL ESTERS FROM FRYING OIL USING LIPASE IMMOBILIZED IN SILICA AND POLYPROPYLENE

JUCIELI WEBER^{1,2}; DEISE J. KOLLING²; ANA C. M. ARISI²; JANE M. BLOCK²

1- FEDERAL UNIVERSITY OF FRONTEIRA SUL; 2- DEPARTMENT OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY – CENTER OF AGRICULTURAL SCIENCE –FEDERAL UNIVERSITY OF SANTA CATARINA

jmblock@cca.ufsc.br

Summary - In this study two supports (silica and polypropylene) were investigated for the immobilization of lipase from *Candida rugosa* for the production of biodiesel (methyl and ethyl esters) based on waste frying oil. Different concentrations of reagents were tested in reaction media containing tert-butanol, ethanol or methanol and waste frying oil. The waste frying oil had the following physico-chemical characteristics: water content 0.37%; iodine value 65.7g/100g; unsaponifiable material 0.29g/100g; peroxide value 19.75 meq O₂/kg; free fatty acids 1.26%; smoke point 137°C; and specific extinction (232 nm and 270 nm) 71.69 and 3.68, respectively. The main fatty acids present in the oil were oleic (37.57%), linoleic (34.93%) and palmitic (19.62%). The efficiency of the enzymatic immobilization was 87.84% for silica and 92.51% for polypropylene Accurel MP1000, at 2.97 and 6.27 mg of protein/g, respectively. The best results for the enzymatic esterification (78% of ethyl esters) was obtained for the reaction carried out using silica as the support, at 40°C with 12 h of reaction with ethanol. The best result using the support Accurel MP1000 was 49.8%, with the use of methanol at 30°C for 12 h. A reaction time of 24 h was not required to obtain the best results.

Keywords: *Candida rugosa* lipase. Ethyl/methyl esters of fatty acids. Polypropylene Accurel MP1000. Silica. Waste cooking oil.

I. INTRODUCTION

There is growing interest worldwide in the conservation of natural non-renewable energy resources through the development of alternative energy resources and the recycling of waste. The search for renewable fuels has increased considerably in recent years due both to ecological concerns and the price of petroleum (Akoh *et al.* 2007). According to Pinto *et al.* (2005), chemical transesterification is a process commonly used for the large-scale production of biodiesel, with the characteristics of fossil derived diesel and without the formation of deposits in engines. The disadvantages of chemical catalysis include the difficulty associated with the recovery of glycerol and potassium or sodium salts, the need for the exclusion of the chemical catalyst and the energy intensive nature of the process (Ha *et al.* 2007; Yagiz *et al.* 2007). One approach to minimize these disadvantages would be the use of biocatalysts for the production of biodiesel. Several studies have suggested transesterification using enzymes as catalysts to produce fatty acid esters, using a variety of source materials for the substrate, such as soy oil (Dizge *et al.* 2009; Noureddini *et al.* 2005), rice bran oil (Lai *et al.* 2005), corn oil (Wang *et al.* 2008), sunflower oil (Dizge *et al.* 2009) and waste frying

oil (Dizge *et al.* 2009; Halim *et al.* 2009).

Residues of edible oils used in frying are a serious environmental problem and their disposal into domestic sewage systems causes serious pollution problems. One effective way to recycle waste oils used in homes, restaurants and industry is to use them for the production of biodiesel (fatty acid methyl and ethyl esters) (Chen *et al.* 2005). According to Watanabe *et al.* (2001), Li *et al.* (2006), Wang *et al.* (2008), Dizge *et al.* (2009) and Halim *et al.* (2009), the use of waste frying oil to produce fatty acid methyl and ethyl esters represents a promising approach to reducing environmental problems caused by waste frying oil and also the production of biodiesel.

The use of a biocatalyst for the production of biodiesel offer great potential in relation to the chemical methods, since complex operations are not required for the recovery of the glycerol or the elimination of the catalysts. Lipase enzymes have been used for the production of biodiesel in free form or immobilized in different materials such as ceramics or silica (Yagiz *et al.* 2007; Ha *et al.* 2007; Halim *et al.* 2009).

The current drawbacks associated with enzymatic esterification for the production of fatty acid methyl and ethyl esters are the high cost of the commercial enzyme and its short service life (Wang *et al.* 2008), besides its possible inactivation by methanol and the glycerol produced in the reaction (Li *et al.* 2006). Immobilization represents a means to avoid inactivation since the immobilizing agent protects the enzyme from the denaturing solvent, improves the thermal stability, facilitates the separation of the enzyme from the reaction medium and allows the reuse of the enzyme, increases the solubility of the substrate and reduces the production costs (Yagiz *et al.* 2007; Huang *et al.* 2010; Lee *et al.* 2009; Kharrat *et al.* 2011; Yücel *et al.* 2011).

The immobilization of enzymes consists of their confinement in a certain material, and the immobilization methods can be divided into two large groups: encapsulation, which can be in a matrix or in a polymeric membrane; and bonding, which can be covalent or through physical or ionic adsorption (Dalla-vecchia *et al.* 2004).

The nature of the support is very important in terms of the immobilization efficiency. Hydrophobic polypropylene (Accurel MP1000) is a support which adsorbs different lipases through strong multipoint interactions between the enzyme and the support (Salis *et al.* 2008; Sabbani *et al.* 2006). Silica gel is an extremely porous material with a high

specific surface area which has been used for the immobilization of lipases (Novak *et al.* 2003; Kharrat *et al.* 2011; Ahn *et al.* 2011).

In this study, the immobilization of lipase from *Candida rugosa* was carried out in two supports (silica and polypropylene) for the production of fatty acid methyl and ethyl esters from waste frying oil. Different concentrations of reagents were tested in reaction media containing *tert*-butanol, ethanol or methanol.

II. MATERIAL AND METHODS

II.a. Materials:

Chemicals

Waste cooking oil was obtained locally, from a fast food restaurant chain. The alcohols used were absolute ethanol (99.5° GL) and methanol (99.8%), both analytical grade. Analytical grade *tert*-butanol (99.5%) was used as the solvent. The supports used for the enzyme immobilization were aminated silica gel and microporous polypropylene (Accurel MP 1000).

Lipase solution

Commercial soluble lipase (type VII) obtained from *Candida rugosa* (L1754 – Sigma) was used. The enzyme activity was ≥ 700 unit/mg. The enzyme solution was prepared by dissolving 2 mg of enzyme extract in 1 mL of 50 mM phosphate buffer, pH 8.0.

II.b. Methods:

Waste cooking oil characterization

The waste cooking oil was characterized using an official method of the American Oil Chemists' Society that included water content determined by the Karl Fischer method (Ca 2e-84), smoke point (Cc 9a-48), iodine value (Cd1-25), unsaponifiable matter (Ca 6a-40), peroxide value (Cd 8b-90), free fatty acid (Ca 5a-40), specific extinction (Ch 5-91) and fatty acid composition (Ce 1-62). The fatty acid composition of the waste cooking oil was determined by gas chromatography. The oil was saponified in methanolic KOH solution and then esterified in methanolic H₂SO₄ solution (Hartman and Lago, 1973). The fatty acid methyl esters (FAMES) were analyzed using a Shimadzu Co (Kyoto, Japan) gas chromatograph (model GC-2010AF) fitted with a capillary column FAMEWAX (30 m x 0.25 mm x 0.1 μ m) with flame ionization detection. The injection and detector temperatures were set at 250°C. After injection (1 μ l, split ratio 80:1) the column temperature was held at 150 °C for 1 min, then increased to 240 °C at 4°C min⁻¹ and held at this temperature for 6 min. The standard FAMES were run under the same conditions and the subsequent retention times were used to identify the fatty acids. The fatty acids were expressed as percentages of the total fatty acids content in the standard.

Lipase immobilization in activated silica support

Aminated silica gel was used as a support for the immobilization of the enzyme. It was prepared by refluxing 5 g silica gel in 25 mL ethanolamine (20 min at 50°C and

190 min at 30°C). The silica gel was then washed twice with 60 mL acetone and air dried. It was then activated using 25 mL 4% (w/v) glutaraldehyde in 50 mM phosphate buffer (pH 8.0) with gentle agitation at 4°C for 2 h. The activated silica gel was first washed with 50 mM phosphate buffer (pH 8.0) and then with 50 mM phosphate buffer (pH 6.5) to make it glutaraldehyde-free.

For the immobilization, 3 mL of lipase solution in 50 mM phosphate buffer (pH 8.0) was mixed with 0.1 mL of Tween 80 and stirred (120 rpm) for 5 min at 24°C, followed by the addition 0.2 g of activated silica gel. Chilled acetone (12 mL) was then added and the mixture was stirred for 30 min at 4°C. The silica-immobilized lipase was filtered, washed with 3 mL of chilled acetone, air dried and stored at 4°C (Kumari *et al.* 2008).

Lipase immobilization in polypropylene

The immobilization in polypropylene was performed according to Kolling *et al.* (2011). Firstly, 0.1 g of Accurel MP 1000 was treated with 250 μ L of ethanol, 3 mL of lipase solution in 50 mM phosphate buffer (pH 8.0) was then added and the solution was incubated at 24°C for 18h under agitation (120rpm). The polypropylene-immobilized lipase was then washed with water, incubated at 30°C for 6 h and stored at 4°C.

Lipase activity assay

A stock solution of 100 mmol/L of p-nitrophenyl palmitate (pNPC₁₆) was prepared in isopropanol and mixed with 50 mM Tris-HCl buffer (pH 8.0), 0.1% gum arabic and 0.4% Triton X-100 in order to obtain the reaction buffer containing 1 mmol/L pNPC₁₆. To initiate the reaction, 30 mg of the support containing the immobilized enzyme was mixed with 3 ml of reaction buffer at 40 °C for 30 min under agitation (100 rpm). In order to stop the reaction, 750 μ l of 100 mmol/l Na₂CO₃ was added and the immobilized enzyme was separated by centrifugation (5 min, 24 °C). Enzyme activity was determined by quantification of p-nitrophenol at 410 nm in a spectrophotometer (HITACHI U2910). Blanks consisted of the reaction buffer containing the support processed under the same conditions.

Factorial experimental design and optimization of parameters

The lipase concentration (1.4% to 5.6% in relation to oil by weight), alcohol concentration (oil-to-methanol molar ratio ranging between 1:6.6 and 1:1.8; oil-to-ethanol molar ratio ranging between 1:4.5 and 1:1.3) and solvent concentration (12 to 138% in relation to oil by weight) were chosen as independent variables and the production of ethyl and methyl esters as dependent variables. For this study, a set of 18 experiments including the 2³ factorial experiments was used (Table 1).

Each experimental factorial design was repeated 8 times on different days (Table 2), and in each experiment the commercial immobilized lipase (lipase, type VII, from *Candida rugosa*), the temperature (30 or 40°C), the type of alcohol (methanol or ethanol) and the type of support (polypropylene or silica) were maintained constant.

Enzymatic production of methyl and ethyl esters

Immobilized enzymes were used for the production of methyl and ethyl esters through the transesterification of waste cooking oil and methanol or ethanol. Methyl and ethyl esters were produced in 50 ml screw-capped vessel under continuous stirring (200 rpm) at 30°C or 40°C for 24 h. After 12 h of reaction the shaker was turned off for 1 minute and 500 µl of the sample was removed and frozen, and the shaker was turned on. After 24 h of reaction the sample was separated from the enzyme by gravimetry and frozen. The reaction conditions were optimized by Response Surface Methodology (RSM) analysis (Table 1). Methyl heptadecanoate was used as the internal standard for GC analysis.

After the experiment had been performed, the response variable (conversion to methyl or ethyl esters) was fitted to a second-order model in order to correlate the response variable with the independent variable.

The general form of the second-degree polynomial equation is as follows:

$$Y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^k b_{ij} X_i^2 + \sum_{i>j}^k \sum_j^k b_{ij} X_i X_j + e \quad (1)$$

where i and j are the linear and quadratic coefficients, respectively, b is the regression coefficient, k is the number of factors studied and optimized in the experiment and e is the random error.

A Shimadzu Co. (Kyoto, Japan) model GC-2010AF equipped with a flame-ionization detector (FID) and a capillary column (RTX-5, 60 m length x 0.25 mm ID x 0.25 µm film thickness) was used for the analysis. The temperatures of the injector and detector were set at 310 and 305°C, respectively. The column temperature was held at 160°C for 0.50 min, then raised to 295°C at 4°C min⁻¹ and maintained at this temperature for 0.5 min. The injection volume was 1 µL. The identification of methyl and ethyl esters of fatty acid was based on Supelco 37 Component FAME Mix. The methyl and ethyl ester determination in products was carried out according to European standard test method EN 14105.

III. RESULTS AND DISCUSSION

III.a. Identification and quality of waste frying oil

The physico-chemical characteristics of the waste frying oil used as a substrate for the transesterification reaction can be observed in Table 3. According to the results obtained the oil has a water content of 0.37%. This value is higher than that reported by Yuan *et al.* (2008) of 0.062% for waste canola oil used for the production of biodiesel by enzymatic transesterification. According to Dizge and Keskinler (2008) the activity of lipases is dependent on the oil-water interface and with an increase in the water concentration the tendency of the oil and the enzyme to form droplets also increases and consequently the interfacial area for the action of the enzyme increases. Nouredini *et al.* (2005) stated that there is a minimum water content required to activate the enzyme and that there is also an ideal content (0.5 g for reactions with methanol and 0.3 g for reactions with ethanol), which minimizes the

hydrolysis reactions and allows maximum enzymatic activity for the transesterification reaction. Dizge and Keskinler (2008) observed a reduction in the methyl ester in reactions with more than 0.5% of water using canola oil as the substrate.

Table 1- Variables and experimental levels of the independent variables used in the factorial experimental design

Variables	Coded Symbol	Range levels				
		-α	-1	0	+1	+α
Enzyme	X1	0.14	0.225	0.35	0.475	0.56
Alcohol	X2	13.2	20	30	40	46.8
Solvent	X3	1.2	3.75	7.5	11.25	13.8

Table 2 - Experimental conditions applied in the production of methyl and ethyl esters

Experiment	Support	Alcohol	Temperature
A	Polypropylene	Methanol	30
B	Polypropylene	Methanol	40
C	Polypropylene	Ethanol	30
D	Polypropylene	Ethanol	40
E	Silica	Methanol	30
F	Silica	Methanol	40
G	Silica	Ethanol	30
H	Silica	Ethanol	40

The results for the peroxide value (19.75 meq/Kg), free fatty acids content (1.26%) and smoke point (137°C) indicated a high degree of alteration of the waste frying oil used. These alterations are expected for this type of oil, which is discarded because it is inappropriate for the preparation of food. Waste frying oil should not be used when the free fatty acids content exceeds 0.9% (BRASIL, 2004). Yuan *et al.* (2008) recommend that the free fatty acids content for the production of biodiesel with alkaline chemical catalysis should be less than 2% and that the oil should be pretreated in order to reduce the acidity value.

Table 3- P hysico-chemical characterization of the waste frying oil used for the production of methyl and ethyl esters

Parameter	Results ± standard deviation
Water content %	0.37 ± 0.003
Iodine value (g/100g)	65.77 ± 0.36
Unsaponifiable matter (g/100g)	0.29 ± 0.16
Peroxide value (meq/Kg)	19.75 ± 1.01
Free fatty acids (%)	1.26 ± 0.04
Smoke point, (°C)	137 ± 3.33
Specific extinction (232 nm)	72.69 ± 2.22
Specific extinction (270 nm)	3.68 ± 0.61
Fatty acids (%)	
C14:0	0.56 ± 0.01
C16:0	19.62 ± 0.18
C16:1	0.38 ± 0.01
C18:0	4.80 ± 0.08
C18:1n9t	0.54 ± 0.01
C18:1	37.57 ± 0.25
C18:2n6t	0.50 ± 0.05
C18:2	34.93 ± 0.1
C18:3	0.34 ± 0.01
C20:0	0.28 ± 0.01
C20:1	0.17 ± 0.01
C22:0	0.31 ± 0.01

According to the results obtained for the fatty acids profile the oil contained 37.6% de oleic acid; 34.9% of linoleic acid and 19.6% of palmitic acid. These results indicate that the oil is composed of a mixture of cotton and palm oil. Cotton oil has 21.4-26.4 % of palmitic acid, 14.7-21.7% of oleic acid and 46.7-58.3 % of linoleic acid, whereas palm oil contains 40-48% of palmitic acid, 36-44% of oleic acid and 6.5-12% of linoleic acid.

III.b. Immobilization on silica and polypropylene (Accurel MP1000) and lipase activity assay

The efficiency of the immobilization of lipase from *Candida rugosa* on polypropylene and silica was determined through the lipase activity test and the results obtained can be seen in Table 4. According to the results obtained 87.8% of the enzyme was immobilized in silica (2.97 mg of enzyme immobilized/g of support) and 92.5% in Accurel MP1000 (6.27 mg of enzyme immobilized/g of support). Gao *et al.* (2009) reported an immobilization efficiency of 7.36 mg of enzyme per gram of support for lipase from *C. rugosa* immobilized in silica gel. Kharat *et al.* (2011) reported an immobilization yield for lipase from *Rhizopus oryzae* in silica gel of 95%. Dizge *et al.* (2009) obtained 85% immobilization efficiency for lipase from *Thermomyces lanuginosus* in a new polymeric microporous matrix in powder form. Kolling *et al.* (2011) immobilized a recombinant esterase from *Lactobacillus plantarum* in Accurel MP1000 and obtained 83% immobilization efficiency (12.4 mg of protein /g of support). Since the enzyme characteristics of surface area of the support and the particles and the pore size appear to play an important role in the adsorption process, a large variation in the results can be obtained (Almeida *et al.* 2008).

Table 4 - Efficiency, protein quantity and lipase activity obtained after immobilization of *Candida rugosa* lipase on two supports

	Efficiency (%)	Protein quantity (mg/g)	Lipase activity (U/g)
Silica	87.84	2.97	7.0
Accurel MP1000	92.51	6.27	36.4

Table 5 - Methyl and ethyl ester yields obtained using different supports and reaction conditions

Alcohol	Reaction conditions				Ester yield (%)
	Enzymatic Support	Temp. (°C)	Reaction time (h)		
methanol	polypropylene	30	12		49,8
methanol	polypropylene	30	24		32,3
methanol	polypropylene	40	12		48,8
metanol	polypropylene	40	24		40,6
etanol	polypropylene	30	12		27,0
etanol	polypropylene	30	24		12,0
etanol	polypropylene	40	12		20,8
etanol	polypropylene	40	24		35,3
metanol	silica	30	12		36,0
metanol	silica	30	24		19,8
metanol	silica	40	12		38,7
metanol	silica	40	24		40,1
etanol	silica	30	12		17,0
etanol	silica	30	24		27,0
etanol	silica	40	12		78,6
etanol	silica	40	24		21,9

III.c. Enzymatic production of methyl and ethyl esters

The best results obtained for each one of the 8 analyses of the surface response are compiled in Table 5. According to the results obtained the production of esters using lipase from *Candida rugosa* immobilized in silica and Accurel MP1000 varied from 12 to 78.6%. The greatest ester yield (78.6%) was observed using silica as the support, with ethanol, a temperature of 40°C, after 12 h of reaction (Figure 1). An ester yield of 40% was observed using Accurel MP1000 as the support for lipase from *Candida*, methanol applying a temperature of 40°C for 24 h (Figure 2).

Figures 1 and 2 show that the surface responses obtained were similar and the ethyl and methyl ester content increased at the initial reagent concentrations up to an optimum value and then decreased after this value was reached. Tongboriboon *et al.* (2010) immobilized *Candida rugosa* in microporous polypropylene Accurel EP-100 and obtained a yield of less than 10% of ethyl esters after 12 h of reaction at 45°C. According to the authors the enzyme was inactivated by the ethanol. An excess of short chain alcohols, such as methanol, can inactivate the lipase definitively (Dizge and Keskinler, 2008), possibly due to the contact between the lipase and insoluble methanol, present in the medium in the form of oil droplets (Du *et al.* 2004). This fact was not observed in this study in the reactions with ethanol, possible due to the presence of the solvent *tert*-butanol. The use of the solvent improves the mass transfer in reactions with biocatalysts since it solves the problem of the low solubility of the substrates in the reaction medium, reducing the reaction time and possible inactivation caused by the reagents (Damstrup *et al.* 2005). Royon *et al.* (2007) observed that *tert*-butanol is not a substrate for lipases, particularly *Candida antarctica* lipase.

As can be seen in Figures 1 (B and C) and 2 (B and C), as the *tert*-butanol concentration increases the ester yield also increases, at the ethanol and enzyme concentrations studied, suggesting that there is no inhibition of the enzymatic activity caused by the ethanol. This positive relation between the solvent, alcohol and enzyme was also observed by Wang *et al.* (2006), who used Lipozyme TL IM (from *Thermomyces lanuginosa*) and Novozym 435 (from *Candida antarctica*) for methanolysis reactions with SODD (soy oil decolorized and deodorized) and observed that with *tert*-butanol the activity of the enzyme remained unaltered in the experiment for 12 h. Free glycerol, a product of the transesterification reaction, can also interfere in the reaction yield, since it can be deposited on the enzyme surface and reduce the formation of methyl esters after 12 h of reaction (Hernández-Martín and Otero, 2008).

In this study, it was observed that the average yield values for the reactions with the two different types of support used in this study (polypropylene and silica) were similar (33.3% and 34.9%, respectively), suggesting that the type of support did not positively affect the reaction yield, except when silica was used in combination with ethanol at 40°C.

According to Dizge *et al.* (2009) the nature of the support can affect the success of transesterification reactions. Several studies have described the production of esters using lipases from different sources and immobilized on different supports with considerable variations in the yields (80% and 30%) (Kharat *et al.* 2011). Salis *et al.* (2008) used macroporous polypropylene to immobilize lipases from *Aspergillus Niger*, *P. cepacia*, *Mucor javanicus*, *Pseudomonas fluorescens*, among others, and obtained different results for each microorganism. In the above mentioned study, *P. fluorescens*, yielded 58

mol% after 22 h of reaction and *P. cepacia* 37 mol%. The same authors observed that *Candida rugosa* lipase showed no methanolysis activity at 40°C with a methanol:oil ratio of 8:1. This can be partially explained by the hydrolytic activity of immobilized lipases (Salis *et al.* 2008). Kharrat *et al.* (2011) used *R. oryzae* immobilized on silica aerogel and obtained an esterification yield of 80%, synthesizing butyl oleate from oleic acid and butanol (molar ratio of 1:1, after 8 h of reaction). Moreira *et al.* (2007) obtained yields of 40 to 50% of ethyl esters using lipases obtained from *Burkholderia cepacia* and *Pseudomonas fluorescence* immobilized on a hybrid support of polysiloxane-poly-(vinyl alcohol).

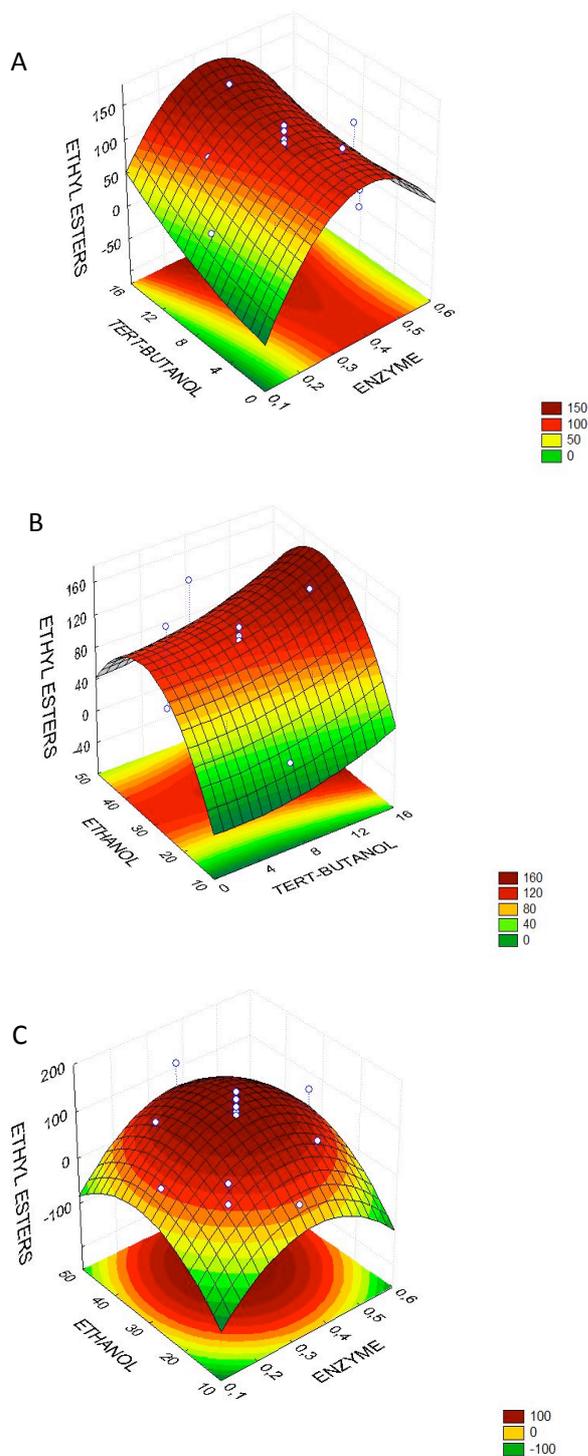


Figure 1 - Response surface related to the conversion of ethyl esters as a function of the concentrations of ethanol and enzyme (A), *tert*-butanol and enzyme (B), and ethanol and *tert*-butanol (C) in silica, at 40°C for 12 h

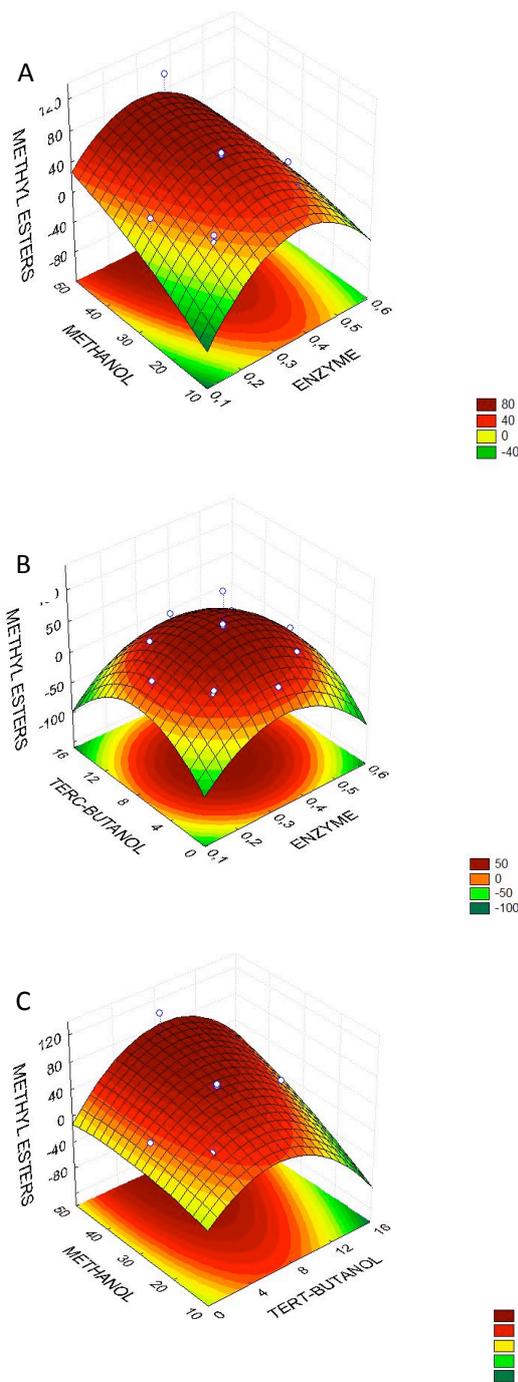


Figure 2 - Response surface related to the conversion of methyl esters as a function of the concentrations of methanol and enzyme (A), *tert*-butanol and enzyme (B), and methanol and *tert*-butanol (C) in polypropylene, at 40°C for 24 h

IV. CONCLUSIONS

With the use of the surface response methodology, it was possible to ascertain the best reaction conditions for the production of fatty acid methyl and ethyl esters. The yields of methyl and ethyl esters varied from 12 to 78.6%, with the best results for the enzymatic esterification (78% of ethyl esters) being obtained in the reaction carried out using silica as the support, at 40°C after 12 h of reaction with ethanol. The best result using Accurel MP1000 as the support was 49.8%, using methanol, at 30°C after 12 h, and for all of the reactions it was not necessary to use a reaction time of 24 h to obtain the best results.

V. REFERENCES

- Ahn KW, Ye HS, Chun WH, Rah H, Kim SG. 2011. Yield and component distribution of biodiesel by methanolysis of soybean oil with lipase-immobilized mesoporous silica. *Microporous and Mesoporous Material* **142**, 37-44.
- Akoh C, Chang SW, Lee GC, Shaw JF. 2007. Enzymatic approach to biodiesel production. *Journal of Agricultural and Food Chem* **55**, 8995-9005.
- Almeida RV, Branco RV, Peixoto B, Lima CS, Alqueres SMC, Martins OB, Antunes OAC, Freire DMG. 2008. Immobilization of a recombinant thermostable esterase (Pf2001) from *Pyrococcus furiosus* on microporous Polypropylene: Isotherms, hyperactivation and purification. *Biochemical Engineering Journal* **39**, 531-537.
- AOCS, 2005. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society. Champaign: AOCS Press.
- Chen ZF, Zong MH, Wu H. 2005. Improving enzymatic transformation of waste edible oil to biodiesel by adding organic base. *Division of Fuel Chemistry* **50**, 2.
- BRASIL, 2004. National Agency of Sanitary Surveillance - Technical Report No. **11**, October, 5.
- Dalla-Vecchia R, Nascimento MG, Soldi V. 2004. Aplicações sintéticas de lipases imobilizadas em polímeros. *Química Nova* **27(4)**, 623-630.
- Damstrup ML, Jensen T, Sparso FV, Kill SZ, Jensen AD, Xu X. 2005. Solvent optimization for efficient enzymatic monoacylglycerol production based on a glycerolysis reaction. *Journal of the American Oil Chemists' Society* **82(8)**, 559-564.
- Dizge N, Aydiner C, Imer DY, Bayramoglu M, Tanriseven A. 2009. Biodiesel production from sunflower, soybean, and waste cooking oils by transesterification using lipase immobilized onto a novel microporous polymer. *Bioresource Technology* **100**, 1983-1991.
- Dizge N, Keskinler B. 2008. Enzymatic production of biodiesel from canola oil using immobilized lipase. *Biomass and Bioenergy* **32(12)**, 1274-1278.
- Du W, Xu Y, Liu D, Zeng J. 2004. Comparative study on lipase-catalyzed transformation of soybean oil for biodiesel production with different acyl acceptors. *Journal of molecular Catalysis B: Enzymatic* **30**, 125-129.
- EN/ISO 14105 – European Committee for Standardization/International Organization for Standardization.
- Gao S, Wang Y, Wang T, Luo G, Dai Y. 2009. Immobilization of lipase on methyl-modified silica aerogels by physical adsorption. *Bioresource Technology* **100**, 996-999.
- Ha SH, Lan MN, Lee SH, Wang SM, Koo YM. 2007. Lipase-catalyzed biodiesel production from soybean oil in ionic liquids. *Enzyme and Microbiology Technology* **41**, 480-483.
- Halim SFA, Kamaruddin AH, Fernando WJN. 2009. Continuous biosynthesis of biodiesel from waste cooking palm oil in a packed bed reactor: Optimization using response surface methodology (RSM) and mass transfer studies. *Bioresource Technology* **100**, 710-716.
- Hartman L, Lago BC. 1977. A rapid preparation of fatty, methyl esters from lipids. *Laboratory Practice* **22**, 457-477.
- Hernández-Martin E, Otero C. 2008. Different enzyme requirements for the synthesis of biodiesel: Novozym 435 and Lipozyme TL IM. *Bioresource Technology* **99**, 277-286.
- Huang GH, Chen F, Wei D, Zhang XW, Chen G. 2010. Biodiesel production by microalgal biotechnology. *Applied Energy* **87(1)**, 38-46.
- Kharrat N, Ali YB, Marzouk S, Gargouri YT, Karra-Chaâabouni M. 2011. Immobilization of *Rhizopus oryzae* lipase on silica aerogels by adsorption: Comparison with the free enzyme. *Process Biochemistry* **46**, 1083-1089.
- Kolling DJ, Suguino WA, Brod FCA, Arisi ACM. 2011. Immobilization of a recombinant esterase from *Lactobacillus plantarum* on polypropylene Accurel MP1000. *Applied Biochemistry Biotechnology* **163**, 304-312.
- Kumari A, Mahapatra P, Kumar GV, Banerjee R. 2008. Comparative study of thermostability and ester synthesis ability of free immobilized lipases on cross silica gel. *Bioprocess biosystem Engineering* **31**, 291-298.
- Lai CC, Zullaikah S, Vali SR, Ju YH. 2005. Lipase-catalyzed production of biodiesel from rice bran oil. *Journal of Chemical and Technology Biotechnology* **80(3)**, 331-337.
- Lee CH, Lin TS, Mou CY. 2009. Mesoporous materials for encapsulating enzymes. *Nano Today* **4**, 165-179.
- Li L, Du W, Liu D, Wang L, Li Z. 2006. Lipase-catalyzed transesterification of rapeseed oils for biodiesel production with a novel organic solvent as the reaction medium. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic* **43**, 58-62.
- Moreira ABR, Perez VH, Zanin GM, Castro HF. 2007. Biodiesel synthesis by enzymatic transesterification of palm oil with ethanol using lipases from several sources immobilized on silica-PVA composite. *Energy and Fuels* **21**, 3689-3694.
- Noureddini H, Gao X, Philkam RS. 2005. Immobilized *Pseudomonas cepacia* lipase for biodiesel fuel production from soybean oil. *Bioresource Technology* **96**, 769-777.
- Novak Z, Habulin M, Krmelj V, Knez Z. 2003. Silica aerogels as supports for lipase catalyzed esterifications at sub- and supercritical conditions. *The Journal of supercritical fluids* **27**, 169-178.
- Pinto AC, Guarieiro LLN, Rezende MJC, Ribeiro NM, Torres EA, Lopes W, Pereira PAP, Andrade JB. 2005. Biodiesel: an overview. *Journal of the Brazilian Chemical Society* **16(6B)**, 1313-1330.
- Royon D, Daz M, Ellenrieder G, Locatelli S. 2007. Enzymatic production of biodiesel from cotton seed oil using t-butanol as a solvent. *Bioresource Technology* **98**, 648-653.
- Sabbani S, Hedenstrom E, Nordin O. 2006. The enantioselectivity of *Candida rugosa* lipase is influenced by the particle size immobilizing support material Accurel. *Journal of Molecular Catalysis. B, Enzymatic* **42**, 1-9.
- Salis A, Pinna M, Monduzzi M, Solinas V. 2008. Comparison among immobilised lipases on macroporous polypropylene toward biodiesel synthesis. *Journal of Molecular Catalysis B:Enzymatic* **54**, 19-26.
- Tongboriboon K, Cheirsilp B, H-Kittikun A. 2010. Mixed lipases for efficient enzymatic synthesis of biodiesel from used palm oil and ethanol in a solvent-free system. *Journal of Molecular Catalysis B-Enzymatic* **67**, 52-59.
- Wang L, Du W, Liu D, Li L, Dai N. 2006. Lipase-catalyzed biodiesel production from soybean oil deodorized distillate with absorbent present in tert-butanol system. *Journal of Molecular Catalysis B-Enzymatic* **43**, 29-32.
- Wang Y, Wu H, Zong MH. 2008. Improvement of biodiesel production by lipozyme TL IM-catalyzed methanolysis

using response surface methodology and acyl migration enhancer. *Bioresource Technology* **99**, 7232–7237.

Wantanabe Y, Shimada Y, Sugihara A, Tominaga Y. 2001. Enzymatic conversion of waste edible oil to biodiesel fuel in a fixed-bed bioreactor. *Journal of American Oil Chemistry Society* **78(7)**, 703-707.

Yagiz F, Kazan D, Akin AN. 2007. Biodiesel production from waste oils by using lipase immobilized on hydrotalcite and zeolites. *Chemical Engineering Journal* **134**, 262-267.

Yuan X, Liu J, Zeng G, Shi J, Tong J, Huang G. 2008. Optimization of conversion of waste rapeseed oil with high FFA to biodiesel using response surface methodology. *Renewable Energy* **33**, 1678–1684.

Yücel Y, Demir C, Dizge N, Keskinler B. 2011. Lipase immobilization and production of fatty acid methyl esters from canola oil using immobilized lipase. *Biomass & Bioenergy* **35**, 1496-1501.

VI. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



AVALIAÇÃO *IN VIVO* DA QUALIDADE PROTÉICA DA TORTA DO CUPUAÇU (*THEOBROMA GRANDIFLORUM*)

MARGARETE DE SÁ SOARES³; FRANCISCA DAS C. DO A. SOUZA³; JAIME PAIVA LOPES AGUIAR³; GRAZIELLE DA COSTA PONTES³; RISONILCE SOUZA³; MAÍRA SCHWERTZ³; JOYCE FONSECA KIKUCHI¹; SILMARA PIMENTEL¹; LARISSA DE SOUZA KIRSCH²; LÚCIA K. O. YUYAMA^{1,3}

1 - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DE ALIMENTOS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS/UFAM; 2 - PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOTECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS/UFAM; 3 - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA
yuyama@inpa.gov.br; francisca.souza@inpa.gov.br

Resumo - O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade protéica da torta do cupuaçu utilizando ratos como modelo experimental. Para tanto, o ensaio biológico foi realizado durante 14 dias, ao longo dos quais monitorou-se a ingestão diária das dietas formuladas à base de caseína (dieta controle) e de torta de cupuaçu. Ao término do experimento determinou-se o conteúdo protéico oriundo das fezes dos animais, bem como o Coeficiente de Eficiência Alimentar, Coeficiente de Eficiência Protéica e Razão da Eficiência Líquida Protéica. Os resultados obtidos mostraram que a dieta formulada à base de torta de cupuaçu não favoreceu o aumento de peso dos animais. Além disso, os índices calculados para avaliação da qualidade protéica não apresentaram coeficiente em relação a dieta protéica (caseína), demonstrando que a proteína presente na torta do cupuaçu é de baixa qualidade.

Palavras-chave: Torta de Cupuaçu. Qualidade Protéica. Avaliação *in Vivo*.

I. INTRODUÇÃO

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*, Shum) é uma árvore tipicamente amazônica, cujo fruto é considerado de grande atratividade tanto no cenário nacional quanto internacional devido ao seu sabor agradável e exótico. O valor econômico atribuído ao cupuaçu está baseado principalmente na comercialização da polpa, obtida pela extração manual ou mecânica e consumida na forma *in natura*, sucos, sorvetes, bombons, iogurtes, dentre outros produtos (Vasconcelos, 1999; Carvalho et al, 2008).

As sementes correspondem a aproximadamente 20% do peso do fruto e apresentam elevado teor nutritivo, contudo são normalmente desprezadas no processo de beneficiamento do fruto. Segundo Vasconcelos (1999), as sementes são muito ricas em gordura e apresentam similaridade botânica e composição química com as sementes de cacau, possibilitando sua utilização na produção de chocolate de boa qualidade.

O processo de aproveitamento das sementes para produção de chocolate inclui etapas de fermentação, secagem, torração e moagem, extraindo-se cerca de 80% do óleo total da semente. O resíduo gerado no término dessas

etapas é denominado torta de cupuaçu e possui cerca de 89% de matéria seca, 11% de extrato etéreo total e 19% de proteína bruta (Pereira, 2009).

Lopes (2008) avaliando o teor aminoacídico e a digestibilidade protéica *in vivo* do pó de cupuaçu oriundo da semente desengordurada e verificaram um considerado valor nutricional das proteínas do cupuaçu.

Do ponto de vista protéico, a qualidade das proteínas depende da sua digestibilidade e biodisponibilidade. As proteínas de origem vegetal apresentam um valor nutritivo menor que as proteínas de origem animal, principalmente porque são deficientes em relação a alguns aminoácidos essenciais, além disso, podem possuir fatores antinutricionais que interferem na sua digestibilidade (SACCHET et al, 2006).

Este trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade protéica da torta de cupuaçu utilizando ensaios biológicos, mediante determinação da Digestibilidade Verdadeira, Coeficiente de Eficiência Protéica, Coeficiente de Eficiência Alimentar, Razão da Eficiência Líquida Protéica.

II. MATERIAL E MÉTODOS

Material

A torta de cupuaçu, resíduo proveniente da extração do óleo da semente de cupuaçu, utilizada neste estudo foi obtida na Indústria Cupuama, localizada no Município Careiro Castanho, Estado do Amazonas. O processo para obtenção da torta de cupuaçu esta demonstrado no fluxograma abaixo.



Figura 1- Fluxograma do processamento para obtenção da torta de cupuaçu

Preparo das dietas

As dietas foram preparadas segundo as recomendações da AIN-93G da seguinte forma: uma dieta contendo caseína (10%) como única fonte protéica (Grupo controle), uma dieta desprovida de proteína (Grupo aprotéico) e uma dieta contendo torta de cupuaçu (10%) como fonte protéica (Grupo teste). A formulação das rações está demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1- Formulação das dietas utilizadas no ensaio biológico

Componentes	Dieta		
	GC (g/100g de dieta)	GA (g/100g de dieta)	GT (g/100g de dieta)
Caseína (72,71%)	13,7	-	-
Sacarose	10	10	10
Mix mineral	3,5	3,5	3,5
Mix vitamínico	1,0	1,0	1,0
Bitartarato de colina	0,25	0,25	0,25
Fibra	5,0	5,0	5,0
L-cystina	0,15	-	-
Óleo de soja	7,0	7,0	0,2
Amido de milho	59,4	73,1	18,5
Torta de cupuaçu (16,24% de proteína)	-	-	61,55

GC (Grupo Controle), GA (Grupo Aprotéico) e GT (Grupo teste- torta de cupuaçu)

Após o preparo das rações, a composição centesimal das mesmas foi avaliada segundo as recomendações da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC). Para a determinação da matéria seca foi utilizado o método gravimétrico. O teor de nitrogênio total foi avaliado pelo método de Kjeldhal. O conteúdo de lipídios foi determinado

por extração em aparelho Soxhlet. O percentual de cinzas por determinado por incineração das amostras em mufla até peso constante. A determinação do teor de carboidratos totais foi realizada pela diferença usando os valores de proteínas, lipídios, cinzas e umidade. A energia total metabolizável, expressa em kilocalorias (kcal), foi calculada pelo fator de conversão de Atwater: (4 g proteína) + (4 g carboidratos totais) + (9 g de lipídeos).

Ensaio biológico

Todos os experimentos foram realizados no Biotério Central do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/AM.

Para o ensaio biológico foram utilizados 24 (n=8) ratos machos (*Wistar*), recém-desmamados (21 dias) com peso corporal variando de 46,2 a 50,8g. Os animais foram distribuídos de forma randômica em gaiolas individuais de aço-inox, aos quais foram administradas as dietas e água *ad libidum*. A temperatura do ambiente foi mantida em 23 ± 2 °C, com ciclos de claro/escuro de 12 horas. A oferta da dieta e água foi realizada diariamente durante 14 dias, tendo o controle diário da quantidade de ração ingerida. Após o 7º dia de experimento as excretas de fezes foram separadas manualmente da ração rejeitada, pesadas e uma amostra foi retirada para determinação do conteúdo protéico. Ao término do experimento os animais foram sacrificados sob anestesia com Cetamin (0,15 g/100g de peso).

A avaliação da qualidade protéica foi realizada através dos índices biológicos: Coeficiente de Eficiência Protéica (CEP), Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA), Razão da Eficiência Líquida Protéica (NPR) e Digestibilidade Aparente (DA). Os índices biológicos foram calculados de acordo com as seguintes equações (Colocar as equações em preto e branco):

$$CEA = \frac{\text{Variação do peso (g) por animal}}{\text{Ração consumida (g) por animal}}$$

$$CEP = \frac{(\text{peso final} - \text{peso inicial}) \text{ por animal (g)}}{\text{consumo de proteína total (g) por animal}}$$

$$NPR = \frac{(\text{ganho de peso} - \text{perda de peso do grupo aprotéico})}{\text{proteína consumida (g) por animal}}$$

Cômputo químico

Com a finalidade de investigar o cômputo químico dos aminoácidos essenciais foram utilizados os teores de aminoácidos da torta de cupuaçu descritos por Lopes *et al.* (2008), tomando como referência o conteúdo aminoacídico presente ovo integral (FAO, 1970).

III. ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística no programa Excel vista 2008 que foram comparados ao programa estatístico R2.11.1, onde observou-se que não houve diferença significativa dos resultados.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados referentes à análise da composição centesimal das dietas utilizadas nos experimentos estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise da composição centesimal das dietas utilizadas no ensaio biológico

Dieta	Umidade (g/100g)	Cinzas (g/100g)	Lipídios (g/100g)	Proteínas (g/100g)	Fibras totais (g/100g)	Carboidratos totais (g/100g)	Calorias (Kcal)
Grupo controle	3,77 ± 0,05	2,56 ± 0,14	7,59 ± 0,18	10,98 ± 0,04	3,00 ± 0,86	75,11 ± 0,01	412,64 ± 1,63
Grupo Aprotéico	3,29 ± 0,07	2,56 ± 0,13	6,77 ± 0,06	0,53 ± 0,02	2,43 ± 0,14	86,85 ± 0,12	410,44 ± 0,43
Grupo teste	3,58 ± 0,20	5,91 ± 0,16	6,93 ± 0,06	9,90 ± 0,03	3,07 ± 0,66	73,68 ± 0,12	396,68 ± 0,59

No 14º dia de experimento observou-se que não houve diferença significativa entre as dietas dos grupos aprotéico e teste (torta de cupuaçu). Contudo, houve diferença estatística ($p > 0,05$) entre ambos os grupos teste e aprotéico em relação ao grupo controle.

Esses resultados diferem dos encontrados por Lopes *et al.* (2008) que avaliando a qualidade protéica da torta de cupuaçu reportaram o ganho de peso (45,28 g) dos animais que ingeriram esta dieta como fonte protéica. Em contrapartida, Pereira (2009) estudando a avaliação da qualidade protéica da torta de cupuaçu em ovinos verificou que a utilização da torta de cupuaçu como única fonte protéica causou prejuízos no crescimento dos animais, bem como na avaliação sensorial das carcaças dos mesmos.

A Figura 2 indica a evolução do peso corporal dos animais ao longo do experimento. Observa-se que não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre o peso inicial dos animais, não havendo variação de 1 grama entre os grupos testados. Para as dietas formuladas à base de torta de cupuaçu observou-se perda de peso dos animais correspondendo a 10,8% no 7º dia de experimento.

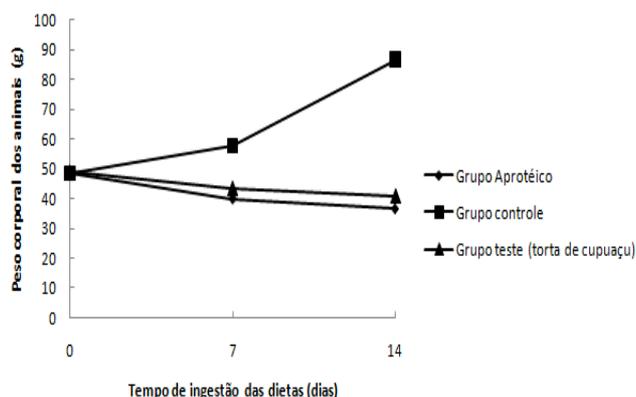


Figura 2 - Média da evolução do peso corporal dos animais dos grupos controle, aprotéico e teste

Comparando os valores do peso corporal dos animais do grupo aprotéico e grupo teste verificou-se que não houve diferença significativa entre eles ($p < 0,05$). Em relação a dieta teste e a dieta controle (caseína) houve diferença estatística no mesmo período.

Ao longo do experimento observou-se que as fezes dos animais que ingeriram a torta de cupuaçu na sua dieta foram excretadas em grande quantidade e apresentaram uma coloração marrom escuro, tal fato pode estar relacionado ao elevado teor de fibras nesta ração.

Na Tabela 3 são apresentados os valores dos índices biológicos calculados para a dieta dos grupos controle e teste. Os dados encontrados para a dieta formulada à base de cupuaçu não apresentaram coeficientes para os índices calculados. Nesse sentido, um dos fatores interferentes podem estar relacionados à palatabilidade dos animais e fatores anti-nutricionais.

Tabela 3 - Coeficiente de Eficiência Alimentar (CEA), Coeficiência de Eficiência Protéica (CEP), Razão da Eficiência Líquida Protéica (NPR)

Dieta	Indicadores Biológicos		
	CEA	CEP	NPR
Grupo controle	0,34 ± 0,06	3,15 ± 0,05	2,07 ± 0,73
Grupo teste	-0,1 ± 0,01	-0,69 ± 0,54	-1,73 ± 0,67

Com relação ao cálculo do cômputo químico para os aminoácidos essenciais presentes nas frações protéicas da torta do cupuaçu verificou-se que todos os aminoácidos apresentaram valores inferiores a 20% (Tabela 4) quando comparado à proteína de referência (FAO, 1970). Triptofano e lisina foram os aminoácidos essenciais mais limitantes, com 0% e 10,5 %, essenciais mais limitantes, com 0% e 10,5 %, respectivamente. Notadamente, o perfil dos aminoácidos encontrados na torta de cupuaçu pode ser considerado limitante e tais resultados são compatíveis quando comparados à evolução do peso corporal dos animais ao longo do experimento.

É importante ressaltar que as etapas necessárias para obtenção da torta de cupuaçu favorecem a destruição parcial ou integral de determinados aminoácidos essenciais. Segundo Vasconcelos (1999), alguns aminoácidos como cistina, treonina, tirosina podem ser perdidos durante a hidrólise ácida, já o triptofano é totalmente destruído.

a.a. essenciais	Torta de cupuaçu* (mg a.a./g proteína)	Ovo integral ** (mg a.a./g proteína)	Cômputo químico (%)
Isoleucina	43	393	10,94
Leucina	70	551	12,7
Lisina	46	436	10,5
Metionina+Cistina	35	362	20,12
Fenilalanina + Tirosina	73	260	14,85
Treonina	53	320	16,56
Triptofano	0	93	0
Valina	56	344	16,28

Tabela 4 - Cômputo químico dos aminoácidos essenciais das proteínas da torta de cupuaçu

*Lopes *et al.* (2008); **(FAO, 1970)

V. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pode-se concluir que a torta de cupuaçu ofertada como única fonte proteica na dieta não é adequada para garantir ao organismo níveis satisfatórios de crescimento, havendo a necessidade de suplementação de outra fonte proteica. Faz-se necessário uma análise mais detalhada da torta de cupuaçu, visto que há fatores anti-nutricionais interferentes na absorção das proteínas. A palatabilidade da ração teste pode também ser considerada um fator interferente, onde se observou na análise centesimal um alto índice de lipídios o qual pode ter sofrido racificação.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos técnicos dos Laboratórios de Nutrição e Biotério do Instituto de Pesquisas da Amazônia pelo auxílio prestado durante o experimento.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC. Association Official Analytical Chemists. 1997. Official Methods of analysis. Ig W.Horwitz, Washington, 850p.

Carvalho, A.V.; Garcia, N.H.P.; Farfán, J.A. 2008. Proteínas da semente de cupuaçu e alterações devidas à fermentação e à torração. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28: 986-993.

FAO, 1970. *Contenido en aminoácidos de los alimentos y datos biológicos sobre las proteínas*. Rome, n. 24, p.285.

Lopes, A.S.; Garcia, N.H.P.; Farfán, J.A.2008. Qualidade nutricional das proteínas de cupuaçu e de cacau. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28: 263-268.

Pereira, E.M.O. 2009. **Torta de cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*) na alimentação de ovinos**. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo, 126 pp.

Reeves, P.G. 1997. Components of the AIN-93 diets as improvements in the AIN-76A diet. *Journal of Nutrition*, 126: 838-841.

Sacchet, F.S.; Faria, A.F.; Vasconcellos, D.G.V.; Souza-Soares, L.A.; Badiale-Furlong, E.; 2006. Avaliação nutricional de multimisturas-efeito de um processo fermentativo. *Alimento e Nutrição*, 17: 359-365.

Vasconcelos, M.A.C., 1999. **Transformações físicas e químicas durante a fermentação de amêndoas do cupuaçu**. Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 132 pp (in Portuguese).

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo



PERSPECTIVA DE CARREIRAS EXECUTIVAS: DO MODELO TRADICIONAL AO MODELO “SEM FRONTEIRAS”

VILSON VIEIRA DE PAULA
UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE
Vilson.adm@bol.com.br

Resumo - Este artigo apresenta os novos modelos de carreiras que estão influenciando a trajetória profissional de muitos gerentes na presente década. O modelo chamado de sem fronteiras abre espaço ao projeto individual de realização profissional do indivíduo se desprendendo do modelo de carreira tradicional sendo então hoje a carreira do indivíduo e não mais da organização o que para o mercado é muito bom, pois deixa de ser o que desenvolve o profissional para agora ser o que recruta o melhor profissional. Tal posicionamento de mercado abre a competição entre empresas para manter estes profissionais sem fronteiras com pacotes de retenção objetivando a permanência dos mesmos em seu quadro funcional. O estudo foi realizado apresentando levantamento teórico a respeito do tema e posteriormente aplicado entrevista a três profissionais executivos de empresas de segmentos diversos mas tendo em convergência serem gerentes executivos em suas respectivas empresas.

Palavras-chave: Gerente. Carreiras. Sem fronteiras. Planejamento de Carreira.

I. INTRODUÇÃO

Este estudo contextualiza o como os atuais executivos desenham suas carreiras e a influência do modelo de carreira “sem fronteiras” na formação dos mesmos em empresas do Rio de Janeiro. Ao longo do estudo será melhor compreendido o trabalho de um profissional executivo, os modelos tradicionais de carreira e posteriormente, será abordado o modelo “sem fronteiras”.

Este artigo apresenta ao seu final, pesquisa de campo sendo aplicado o método pesquisa, através da modalidade: entrevista em profundidade com roteiro definido.

A motivação para efetuar a presente pesquisa parte da intenção de melhor compreender como executivos desenham sua carreira, vida gerencial e desafios do século XXI na formação de carreiras.

1.1. PROBLEMA A SER PESQUISADO

Novos modelos de encarecimento têm feito parte do desenho profissional de muitos gerentes executivos e esta pesquisa se propõe a compreender, como o novo modelo de carreira conhecido no meio acadêmico por “carreira sem fronteiras” está influenciando o projeto profissional de executivos do estado do Rio de Janeiro na presente década?

Diante do cenário em que encontra a gestão de carreiras, o objetivo principal deste trabalho é:

Analisar como as mudanças no mundo do trabalho através da quebra do contrato psicológico de trabalho (FREITAS, 2006) e o surgimento do novo modelo de carreira, possibilitam a geração de maior empregabilidade para profissionais executivos.

Como objetivo secundário é de interesse deste estudo:

- Entender quem é o profissional executivo
- Compreender o novo cenário de construção de carreiras.
- Tipos de carreira, do modelo tradicional a carreira sem fronteiras.

II. METODOLOGIA

A metodologia apresentada neste artigo tem como fonte de pesquisa a revisão bibliográfica sendo elaborada com base em material já publicado, esta modalidade de pesquisa inclui: livros, revistas, artigos, teses, dissertações, anais de eventos científicos de literatura nacional e internacional (GIL, 2010).

Este estudo também faz uso do argumento de pesquisa de campo, através de entrevista sendo aplicada a modalidade estruturada em profundidade e fazendo uso da observação de três profissionais de ramos de atividade distintos, assim como de empresas também distintas, sendo mantido o anonimato de sua identidade, e também da respectiva empresa em que o mesmo trabalha (VERGARA, 2011).

III. REFERENCIAL TEÓRICO

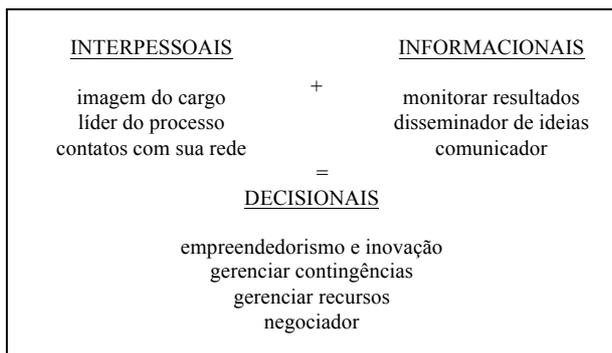
3.1. CARREIRAS DE EXECUTIVOS

O executivo é aquele que projeta os ambientes organizacionais, transforma e molda a cultura da empresa, proporcionando fluidez aos processos que avalizam a execução estratégica da empresa (DRUCKER, 2001).

A importância desse profissional executivo está voltada à sustentação dos objetivos de curto, médio e longo prazo, ou seja, ele é quem executa o planejamento estratégico da organização, tornando-se detentor e disseminador das informações dos ambientes organizacionais que moldam o modelo gerencial e a definição das estratégias do negócio (DRUCKER, 1981). Nesse sentido, Mintzberg (1986, p.8) procura definir este profissional de forma conceitual sendo (...) além de presidentes, tal definição incluiria vice-presidentes, bispos, chefes de seção, técnicos de futebol e primeiros-ministros.

Mas será que dentre todos esses indivíduos supracitados, pode haver alguma coisa em comum? A zona de convergência apresenta-se em todos os exemplos, pois, estão investidos de autoridade formal sobre uma unidade bem delimitada. Da autoridade formal deriva o *status*, que leva a várias relações interpessoais e daí facilidade e acesso à informação.

A carreira gerencial envolve a ocupação de posições de direção e comando em que o exercício de funções de chefia e liderança torna-se fundamental a este papel. Relacionamentos pessoais, negociação e apoio aos liderados, correção na transmissão de diretrizes, habilidades na condução da mudança e saber lidar com dimensões de autoridade, assume destacado aspecto de conflitos no trabalho administrativo (MOTTA, 2006).



Quadro 01- Habilidades e Papéis dos Executivos
Fonte: Mintzberg (1986)

Mintzberg (1986) contribui com uma pesquisa seminal onde descreve o trabalho do executivo como: realidade imbuída de excesso de informações, políticas, atitudes que são tomadas sem um tempo de maturação e outras aflições onde muitos estudantes de gestão desconhecem tal realidade do cotidiano desse profissional podendo agregar a estes imagens impregnadas de paixões e romantismos relacionados à sua figura, inclusive, por ser aquele que detém o maior salário na organização. Desconsiderando-se, no entanto, as vulnerabilidades e instabilidades às quais estão submetidos os executivos.

Ao analisar o trabalho do executivo elaborando um mapa de atividades, por mais de um mês, foi possível, através da pesquisa de Mintzberg(1986), encontrar elementos que explicam o trabalho de um executivo através de três tipos de papéis: *interpessoais*, *informacionais* e *decisionais*, de acordo com o quadro 01, os dez papéis de um executivo, em seu cotidiano de atividade laboral.

3.1.1. A carreira executiva e as transformações no trabalho gerencial: repercussões a partir da aprendizagem permanente

O mercado globalizado, marcado pela liberdade comercial, formata novas formas de atuação das empresas, assumindo características como: obtenção de valor agregado ao produto/serviço, flexibilidade, aprendizagem contínua, interligação de sistemas em rede, logística global, fidelização do cliente, experiência de consumo, encantamento do cliente, formação de redes empresariais e empresas transnacionais participantes de cenário de competição fazem com que organizações tenham a necessidade de aprender a se desenvolver em ambientes

complexos e mutáveis, assimilem estas características para si (WIND, 1998).

Marcadas por mudanças cada vez mais aceleradas, empresas veem-se pressionadas a captar, treinar e desenvolver lideranças aptas às demandas de um mercado global e também a desenvolver produtos e serviços que atendam aos requisitos do consumidor, cada vez mais exigente e elevado poder de barganha (ECHEVESTE, VIEIRA, VIANA, TREZ & PANOSO, 1999).

Outro autor, Handy (1995), contribui com a citação anterior, ao informar que as empresas precisam ser globais e locais, pequenas de certo modo e também grandes, centralizadas uma parte do tempo e descentralizadas na maior parte. Deseja-se que funcionários tenham iniciativa, mas não abandonem o espírito de trabalho em time e seus gerentes deleguem mais e ao mesmo tempo não perca o controle e estejam aptos a esta necessidade.

A economia globalizada, entendida como produto de interação social e que envolve inúmeras nações, cobra que executivos, elaborem novas formas de pensar os negócios, recriem a sua forma de liderar, comunicar, incentivar e que gerentes desenvolvam novas posturas de gestão, isto se estes almejem obter vantagem competitiva em suas carreiras (ECHEVESTE, VIEIRA, VIANA, TREZ & PANOSO, 1999).

Momentos de crise trazem consigo mudanças radicais para o mundo empresarial e desafios crescentes para os que exercem a função executiva em uma empresa. Soma-se a isto, ao longo dos grandes acontecimentos na economia, que refletem diretamente na realidade do contexto organizacional, exigindo respostas rápidas repercutindo em alterações nas suas estratégias frente ao investimento em pessoal. A procura por eficácia organizacional torna o gerenciamento das empresas voltado a resultados financeiros onde: operários, técnicos e executivos, cada vez mais vivam a instabilidade profissional por estar na era da gestão estratégica (CHANLAT, 2000, p. 33).

A globalização, novos modelos técnico-econômico, os mercados competitivos, a economia cada vez mais volátil, fazem com que todo esse cenário complexo e instável tenha efeito direto no conceito de carreira e com isso o ambiente de negócios experimenta mudanças consideráveis. Como resultado deste ambiente efervescente, novas perspectivas de gestão estão focadas na eficiência e eficácia para garantir maior lucratividade em suas operações. A consequência deste modelo na realidade brasileira apresenta-se com o início na década de 1990, competição acirrada, modelos de reestruturações, desregulamentação de mercados, desenvolvimento das tecnologias de informação e produção, assim como, novas políticas e legislação do governo (PEREIRA, BRAGA & ZILLE, 2011).

O desenvolvimento contínuo faz parte do amadurecimento da carreira de profissionais que desejam ser empregáveis e para isto aprendizagem e planejamento influenciam a construção do projeto de vida profissional (BITENCOURT, 2010).

A construção de uma carreira envolve o alinhamento de desejos, aspirações e a vontade de realização. Quando se idealiza uma carreira executiva permeando os desafios gerenciais contemporâneos, se faz necessário que a carreira possa ser assimilada como um processo, envolvendo: planejamento, estratégias, superação, invenção e reinvenção de si próprio, metas, frustrações e resultados. Para Motta

(2006, p.12), visualizar uma carreira gerencial, representa um misto de combinações entre desenvolvimento pessoal, profissional, assumir riscos e frustrações. Tendo como fio condutor deste processo, o desenvolvimento e o aprendizado.

Muito semelhante às empresas, uma carreira gerencial envolve a construção pessoal do *portfólio*, desenvolver e adquirir vantagem competitiva, diferencial, visão de curto, médio e longo prazo. Tal comportamento exige do profissional planejamento, resultando em aprendizagem e empregabilidade (BITENCOURT, 2005).

O plano de carreira parte do princípio do planejamento e respeita o desenvolvimento de uma estrutura evolutiva, como informa, Oliveira (2009, p.35), o plano de carreira, significa a explicitação formal de um conjunto planejado, estruturado, sustentado e sequencial de estágios que consolidam a realidade evolutiva de cada indivíduo, de forma interativa com as necessidades das empresas e das comunidades onde estas atuam.

No entanto Lucena (2010) entende que o plano de carreira valoriza objetivos profissionais do indivíduo e suas aspirações pessoais de encarecimento. Com isto a autora descreve que os planos de carreira são estabelecidos a partir dos interesses e expectativas do indivíduo. A vocação profissional norteia as escolhas e o planejamento da carreira do indivíduo.

3.2. PERSPECTIVAS DE CARREIRA: DA TRADICIONAL À SEM FRONTEIRAS

O conceito de carreira tem passado por grandes mudanças no contexto atual dos negócios, onde é muito comum em diálogos sobre carreira associar a esta, funções, cargos e hierarquia (SOUZA, 2005).

Pode soar inusitado, mas compara-se, no senso comum, carreira com arquitetura organizacional (organograma), haja vista o quanto as empresas exercem sedução na construção de modelos mentais para objetivos profissionais nos indivíduos, associando este *constructo* à escalada de cargos e funções intraorganizacionais (PAULA, 2012).

De acordo com Freitas (2006, p. 91), o indivíduo se projeta na empresa, assumindo características organizacionais para sua vida pessoal. E uma empresa zelosa de sua cultura vai desenvolver no imaginário de seus colaboradores a identificação de sua missão, projetando nos colaboradores a devoção, identificação, realização, sendo (a empresa) o único lugar desejável, objeto exclusivo de atenção e devoção resultado de seu programa de retenção de funcionários.

Na citação anterior, a autora aborda a intenção por parte das organizações através do uso de ações de retenção para promover em seus funcionários a idealização (pela empresa) e não apenas o sentimento de ser funcionário, pois quando se idealiza se questiona menos e a organização passa a ser objeto do desejo por parte funcionário. A cultura organizacional, nesse contexto, propõe a reconciliação ilusória do sujeito frágil e carente de amor com a organização forte e toda poderosa, que pode satisfazê-lo. Assim, ela opera através da sedução no imaginário, no núcleo do desejo dos indivíduos, fazendo com que aspirem à organização e esses efeitos são ainda mais agravantes quando nos referimos aos executivos, pois são eles que executam a operacionalização do planejamento estratégico

da empresa. As referências afetivas que o indivíduo estabelece com a organização que antes era o pai e agora é a mãe vem a construir uma nítida separação entre estar ou não na organização, vindo a reforçar o desejo de ser parte da empresa (FREITAS, 2006, p. 116).

A sedução exercida no imaginário do funcionário pode se dar, inclusive, através de alguns exemplos materiais, tais como: planos de saúde, auxílio farmácia, participação nos lucros ou resultados, previdência privada, creches para os filhos, linhas de financiamento para aquisição de carros ou imóveis, passeios, celulares, viagens, cursos de capacitação e especialização. Em contrapartida a essa lógica, Balassiano & Costa (2006, p. 10) explicam que as pessoas se sentem cada vez mais próximas da demissão, ou seja, do descarte profissional, pondo em cheque toda a lealdade à organização onde funcionários já não têm como certo sua carreira, promoção, desenvolvimento ou bônus. A única certeza quanto ao emprego é a demissão.

A literatura de gestão de carreiras apresenta novo olhar para a vida profissional onde a carreira pode ser gerida pelo indivíduo que pela organização, representando maior autonomia do indivíduo na condução do seu projeto profissional, mas para isto, nova postura profissional é exigida, outra postura e entrega é apresentada e um preço a ser pago (DAVEL & MELO, 2005).

A carreira passa a ser definida como uma sequência de cargos, funções e atividades exercidas pelo indivíduo ao longo de sua atividade profissional sendo concebida através de constante negociação e alinhamento de interesses pessoais e organizacionais, abrindo espaço para o próprio projeto de desenvolvimento profissional (SOUZA, 2005, p. 53).

Tais transformações, no entanto, oferecem riscos e ambiguidades ao trabalhador. A referida “liberdade” apresenta intrinsecamente custos para o profissional: ele torna-se responsável por sua permanente formação, investimento em sua carreira é por ele financiada, sua folga ou férias se tornam extensão de sua formação profissional (FREITAS, 2006, p.126-127).

Entendendo-se então que o conceito de carreira torna-se um termo em permanente mutação, faz-se necessário, a seguir, transcorrer pelos diversos tipos de carreiras atualmente conhecidas, vir a transcorrer do padrão tradicional aos modelos contemporâneos, de novas perspectivas de encarecimento profissional, a ser apresentados no próximo item.

3.3. OS MODELOS DE CARREIRAS TRADICIONAIS

3.3.1. Modelo de Carreira por Linha Hierárquica

Uma maior valorização econômica, psicológica e cultural dos cargos gerenciais sobre os cargos técnicos. Na prática este modelo aplica-se em empresas, existindo a divisão de trabalho, voltada ao sistema funcional, porém, se demonstra não aplicável a sistemas baseados nas estruturas com departamentalização por: clientes, unidades de negócio, divisional, matricial, por projeto e região geográfica.

A aplicação do modelo de carreira por linha hierárquica acaba por engessar o processo de trabalho devido a seu aspecto centralizador (PONTES, 2006); (SOUZA & FERREIRA, 2004); (CERTO, 2010) e (MONTANA, 2010). Este modelo (carreira por linha hierárquica) remete a compreensão e a crença de que à

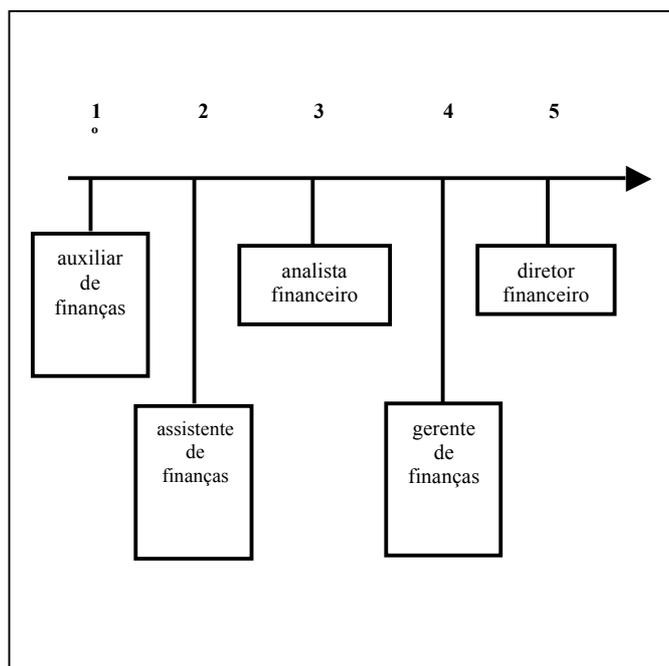
medida que obtenho crescimento na hierarquia, minha carreira está andando (SOUZA, 2005). Dois autores franceses, Bujold e Gingas (2000), classificam também este modelo como uma escala vertical.

3.3.2. Modelo de Carreira Linear

É grande a semelhança deste modelo com a carreira hierárquica, mas a fidelidade a uma sequência lógica faz a característica maior deste modelo.

Um exemplo deste modelo é de um jovem formado em economia e trabalha no segmento financeiro segue toda uma trajetória voltada à atividade financeira, seguindo o modelo linear: auxiliar de departamento financeiro, assistente de departamento financeiro, analista financeiro, chefe de departamento financeiro, diretor financeiro (SOUZA, 2005). Neste modelo, os cargos ou funções são apresentados em uma sequência lógica ascendente, com uma única direção, não aceitando alterações no processo (ARTHUR, HALL, & LAWRENCE, 1989). É principalmente decorrente de estruturas organizacionais onde os cargos são agrupados por áreas de especialização, onde o quanto mais especialista, maiores são as chances de evolução profissional na empresa (Oliveira, 2009).

O quadro 02 descreve o modelo de carreira linear, o profissional é bem aderente à sua origem de carreira e mantém-se fiel à sua formação e todo o desenho de cargos e funções já exercidos por ele está hermeticamente dentro de uma área de atividade profissional e nela se mantém. A aderência profissional é o fio condutor deste modelo.



Quadro 02 - Linha de evolução na carreira linear
Fonte: autor, (2012)

3.4. NOVOS MODELOS DE CARREIRA

3.4.1. Modelo de carreira sem fronteiras

Fruto de constantes mudanças, o mundo do trabalho tornou as organizações mais enxutas para serem mais ágeis e flexíveis para que com isto pudesse atender às demandas do mercado e assim conseguir sobreviver de forma mais competitiva (OLIVEIRA, 2004).

As empresas se inclinam a valorizar empregados que detenham a capacidade de desenvolver-se de forma autônoma e

capaz de serem multitarefa, respondendo rapidamente a exigência de desempenho (BITENCOURT, 2005). O que esta dinâmica de relacionamento do indivíduo com sua carreira pode trazer é a possibilidade deste profissional gerenciar sua carreira e não mais seguindo o modelo tradicional onde a carreira representava os cargos ocupados ao longo do trabalho dentro de uma organização (LOUREIRO, 2010).

A liberdade advinda deste modelo é acompanhada de um custo ao indivíduo como exemplo: o autofinanciamento de sua formação (sempre ocupando o tempo fora do trabalho), cursos de atualização e capacitação, especialização, cursos de línguas, aquisição de tecnologias de comunicação, participação de eventos e congressos de seu segmento de atuação, investimento de seu tempo “livre” na capacitação e desenvolvimento profissional (PAULA, 2012).

A “liberdade de escolha” hoje defendida possui um custo pessoal para se realizar. É claro que o funcionário custeará todo o investimento e também o emprego de seu tempo livre para tornar-se “mais empregável” (LOUREIRO, 2010).

Mudanças na organização e na sua relação com o colaborador também influenciaram as características que passaram a ser exigidas do profissional que irá acompanhar essa nova configuração do mercado de trabalho. Esse, de empregado por toda a vida, deveria tornar-se empregável por toda a vida. Essa noção está traduzida no conceito de empregabilidade (COELHO, 2000, p. 94).

Este modo comportamental de ser empreendedor de sua própria carreira torna o indivíduo mais autônomo e senhor de suas escolhas profissionais colocando em contestação o comportamento de carreira em linha, libertando o indivíduo e a organização para estarem numa relação onde, seja, regida por conjugação de objetivos e interesses de ambas as partes (BITENCOURT, 2010).

O modelo de organizações paternalistas traz consigo comodismo e bloqueia o funcionário de conhecer novas realidades. Aquele que não diversificar seu foco de interesse, não estiver atento às constantes mudanças e não desenvolver as competências e habilidades exigidas pela conjuntura estará fora não só do mercado de trabalho, mas também do convívio social, pois a comunidade exige que seus membros sejam ativos, participantes e agentes transformadores do *status quo* nas atividades profissionais (BALASSIANO & COSTA, 2006, p. 96).

Para Wetzel (2000), as mudanças no mundo empresarial como efeito de competição acirrada, logística global, fusões e aquisições, globalização, empresa enxuta, neoliberalismo e outras, fazem com que o conceito de carreira profissional também venha passar por mutações ao longo do tempo.

Carreira profissional significa o caminho ou curso que uma pessoa toma ao longo de sua vida profissional (BRIDGES, 1995). As experiências vividas é que vão gerar significado ao profissional que busca sentido em sua ocupação através da carreira autogerida.

A carreira sem fronteiras é representada pelo indivíduo consciente de seus objetivos profissionais e ao longo de sua carreira amplia competências, vivência, cria novas habilidades e acumula experiências ao longo de sua vida.

Uma carreira sem fronteiras representa uma sequência de oportunidades de trabalho que vão além do cenário de um simples emprego (DEFILLIPPI; ARTHUR, 1994, p. 309).

A carreira sem fronteiras compartilha o desejo de desenvolver um trabalho que reúna motivação, sentido de desafio, oportunidade de enriquecimento da experiência profissional e encontra do lado de fora da empresa, oportunidade de compartilhamento de experiências, rede de relacionamentos e atualização profissional.

No modelo de carreira sem fronteiras é comum que o indivíduo desenvolva trabalho em uma empresa e através da rede de relacionamentos possa mudar de organização tendo como fio condutor a oportunidade de encontrar novos desafios e maior oportunidade de aprendizado (BITENCOURT, 2010).

No modelo tradicional de carreira, segue a forma piramidal onde o empregado que ao longo do tempo for sendo promovido, compreende-se neste contexto que ele então está com a carreira em andamento e se neste ínterim for demitido, no modelo tradicional, este evento aponta-se como fracasso profissional. Já no modelo sem fronteiras, novo começo.

A mudança, no atual momento das empresas, torna-se a dinâmica de sua existência, apresentando uma característica peculiar neste momento, acrescente a isso, maior rapidez das relações empresariais a um custo cada vez mais decrescente.

O modelo contemporâneo se caracteriza por: instabilidade, descontinuidade, e horizontalidade. As pessoas se tornam responsáveis pelo seu plano de carreira onde o novo conceito de carreira envolve mudança no contrato psicológico entre os participantes, principalmente no aspecto de lealdade do empregado em relação à organização. Nesse novo contrato, a responsabilidade da empresa pela carreira do empregado é praticamente nula. No novo modelo quem assume a maior parte dos riscos é o empregado (BALASSIANO, VENTURA & FILHO (2004, p. 103).

O mundo do trabalho exige novas aprendizagens e habilidades tecnológicas, exigindo o mais fundamental: a habilidade para descobrir e realizar trabalho em uma realidade sem empregos bem definidos e estáveis (BRIDGES, 1995).

Além das novas formas de se desenvolver habilidades, o papel que o indivíduo exerce na vida passou a ser o conceito chave de sua trajetória de carreira. Onde o trabalho não é o principal papel do indivíduo e sim um dos papéis que exerce em sua existência (SUPER, 1994).

No mundo globalizado, o papel do profissional no novo modelo de carreira não poderia ser limitado aos papéis ocupacionais, mas ampliado a vários papéis representados por: atuação junto à família, na comunidade, em instituição educacional, ciclos de amizades e outros (SUPER, 1984).

A identificação moderna de carreira é entendida como meio para uma pessoa ir ao encontro de si própria, do seu eu (*self*), daquilo que é a sua essência. Essa procura é resultado das transformações que ocorreram nas relações de trabalho de um sistema baseado na carreira tradicional, para outro tendo como característica o autogerenciamento (BALASSIANO & COSTA, 2006).

Para Arthur & Rousseau (1996) em uma carreira sem fronteiras, os indivíduos necessitam assumir a responsabilidade pelo planejamento e desenvolvimento de suas carreiras, trabalhando proativamente com seus empregadores, viver a prática profissional, como uma sequência de experiências que lhes oferecerão maiores oportunidades de aprendizagem.

A Tecnologia, idiomas e relacionamentos são essenciais para o sucesso pessoal além de competências como: técnica, comercial, liderança e cooperação. Uma inversão de papéis do indivíduo e da organização faz da

empresa uma ferramenta para seus membros (DAVEL & MELO, 2005).

As organizações e carreiras sem fronteiras são paradigmas dos novos tempos (COELHO, 2006).

Veja no quadro 03, características do comportamento do indivíduo no modelo tradicional e na carreira sem fronteiras.

Aspecto	Modelo tradicional	Sem fronteiras
O Profissional	Quer ser empregado	Ser empregável
Aprendizado	Treinamento para trabalhar	Competências do mercado
A carreira	Paternalismo da organização	O indivíduo é dono de sua carreira
O dia-a-dia	Previsível	A cada minuto há situações inesperadas
Planejamento de carreira	A empresa determina a carreira	O indivíduo assume seu planejamento de carreira
A mudança	Lenta e gradual	Rapidez
Processo de mudança	Instabilidade e ambiguidades	Momento de vislumbrar oportunidades
Comportamento individual	Resistência	Flexibilidade
Desenvolvimento da carreira	Dependência de diretrizes por parte da organização	Identidade com o trabalho, autonomia e mobilidade profissional
Investimento na carreira	A empresa	O indivíduo

Quadro 03 - O significado da carreira sem fronteiras
Fonte: adaptado de Coelho, 2006

IV. RESULTADOS

No intuito de promover debate entre o referencial teórico defendido nas laudas anteriores e profissionais do mercado, este artigo, apresenta pesquisa de campo, através da modalidade de entrevista em profundidade com estrutura definida para obter validação dos dados informados. Para atingir esta meta segue abaixo o roteiro apresentado no quadro 04, traz perguntas aplicadas a três executivos de ramos diferentes em empresas do Rio de Janeiro em 2012.

Logo após, será apresentado os resultados obtidos e com posterior discussão e análise dos dados obtidos.

a)	Qual o cargo ocupa atualmente?
b)	Qual a sua idade?
c)	Quanto tempo trabalha na empresa atual e no cargo atual?
d)	Como foi o início de sua carreira?
e)	Como foi sua trajetória de carreira até a presente data?
f)	Houve alguma experiência marcante em sua carreira que mereça ser destacado?
g)	Há algum fator que você considera ter impulsionado sua ascensão ao cargo que agora ocupa?
h)	Qual o peso de relevância a qualificação influenciou na sua trajetória profissional?

Quadro 04 – estrutura da entrevista
Fonte: autor, (2012)

Entrevistado 1 (E1)

A profissional entrevistada, E1, trabalha como Diretora Executiva de Tecnologia em uma empresa de mineração e nesta indústria trabalha há dois anos. A organização foi criada em 1942 e sua atuação é mundial.

A E1 iniciou sua carreira profissional como estagiária em uma multinacional e por lá trabalhou por um período de 20 anos chegando ao cargo de diretoria, a empresa logo no primeiro ano de trabalho, identificou nesta profissional um

perfil gerencial de liderança. Hoje trabalha como Diretora Executiva de TI para uma importante mineradora no Rio de Janeiro. Sua formação acadêmica é em Administração, possuindo especializações nas áreas de RH, Finanças, Marketing, Análise e Projeto de Sistemas, Gestão de Projetos. E seu mestrado é em Sistemas de Gestão.

Na atual empresa está trabalhando há dois anos e ingressou diretamente em cargo de diretoria. Seu desenho de carreira é motivado pelo desafio, pelo cultivo da rede de relacionamentos e por último alicerçado em uma sólida base acadêmica e rede de relacionamento. O que pode ser observado em sua declaração: “Relacionamento sempre foi o meu forte tenho essa característica pessoal de buscar desafios, curiosidade, gostar de mudar o tempo inteiro, de ver as coisas evoluindo, estudar o processo, buscar conhecimento, e se tem um gargalo é preciso estudar esse processo e melhorar os processos enfim”. Sempre procurou aprender com a implantação de cada projeto encontrando maior significado e realização, informa a executiva entrevistada.

Ao longo da construção de sua carreira, a E1, sempre custeou sua formação acadêmica e o fator que decide suas escolhas profissionais está centrado na aptidão e em oportunidades profissionais, empregabilidade e sentido de realização pessoal.

Nas empresas nas quais a E1 trabalhou, ela sempre implantou processos e gerenciou as etapas de implantação e de operação. As habilidades para o cargo de Diretor são obtidas através da experiência diária, formação acadêmica e treinamentos oferecidos pela organização.

A E1 informou que sempre fez uso do planejamento de carreira utilizando estratégias de ação, formação e tendo profissionais de seu ciclo de amizade exercendo função de conselheiro e mentor contribuindo direto com sua carreira.

Entrevistado 2 (E2)

A organização onde trabalha o executivo E2 foi criada em 1972, voltada para o ramo de Ensino Superior, atuando na esfera de extensão, atualização, graduação, especialização, Mestrado e Doutorado. O profissional entrevistado é Diretor Geral da Universidade.

O profissional E2 tem a formação em Economia, tendo algumas especializações e um Mestrado em Sistemas de Gestão. Tem 47 anos. Nesta empresa ingressou a 1 ano e meio tendo na função hoje ocupada, através de um *headhunter*, sendo este o segundo trabalho que consegue através da prestação de serviços deste profissional de recolocação. A migração para a atual função é precedida por outra grande organização no Brasil onde o E2 trabalhava em uma Instituição de Ensino Superior no estado da Bahia e entendendo ser o momento de voltar para o Rio de Janeiro procurou um profissional de recolocação.

Ao longo de sua vida profissional trabalhou na administração de restaurante e posteriormente ingressou em uma multinacional Suíça no ramo financeiro, empresa esta com várias unidades na região sudeste, trabalhou como responsável pela controladoria da empresa e posteriormente com a ajuda de um profissional de recolocação migrou para o ramo hospitalar trabalhando neste segmento por alguns anos, até estar no ramo de ensino superior privado.

Sua experiência no ramo de administração hospitalar trouxe muito aprendizado. No entanto a rotina de gestão hospitalar é muito intensa, complexa e um ramo muito

político já não fazia mais parte dos projetos deste profissional continuar nesta área. Sem saber exatamente para onde seguir, quis cursar o Mestrado e após conclusão e obtenção do título de Mestre em Sistemas de Gestão, procurou um profissional de recolocação, surgiu então a oportunidade de trabalhar como executivo em Instituição Privada de Ensino Superior. Sua formação acadêmica sempre foi custeada por recursos próprios, os fatores pelos quais influenciam suas escolhas, de formação acadêmica e escolhas profissionais são: busca pela satisfação, realização profissional e o mercado de trabalho, informa o executivo entrevistado (E2).

Em sua carreira o planejamento é construído e reconstruído à medida que as oportunidades se configuram e não há um plano rígido e inflexível. As escolhas são feitas seguindo: realização, satisfação e felicidade no que faz. Ao ser indagado se a empresa possui programa de treinamento ou de capacitação, declarou não existir.

Entrevistado 3 (E3)

A empresa onde trabalha a E3 é do segmento jurídico, trabalhando na função de Diretora de Administração de uma empresa do ramo jurídico. Esta empresa já esteve por várias edições entre as melhores empresas para se trabalhar, através do guia da revista Exame e também como uma das melhores para se trabalhar na América Latina no segmento do Direito e atua nas áreas: empresarial, aviação, negociação, naval, seguros, petróleo e gás, mineração, previdência, TI entre outras áreas onde o Direito permite entrada.

A profissional entrevistada trabalha nesta empresa como Diretor de Administração onde apesar de estar trabalhando em uma firma do ramo do Direito, é a *CIO (Chief Information Officer)* da empresa e sua formação é em Administração. A idade da E3 é 50 anos e trabalha nesta organização há 10 anos. A executiva ingressou nesta empresa como Diretora de Recursos Humanos e hoje também engloba sob seu comando a parte de Administração da empresa.

As organizações pelas quais a executiva entrevistada pelas empresas por onde trabalhou, sempre exerceu a função de direção, dentre essas empresas pode-se citar nas seguintes áreas de atuação: banco, telecomunicações, consultoria, indústria farmacêutica. Sua formação acadêmica, além da graduação em Administração, a profissional possui duas especializações e Mestrado. As especializações foram em Recursos Humanos pela PUC – Rio (Pontifícia Universidade Católica) e Gestão Empresarial pelo COPPEAD e seu Mestrado em Sistemas de Gestão pela Universidade Federal Fluminense.

A profissional entrevistada é natural de Manaus, tendo escolhido o Rio de Janeiro como cidade para morar, construir carreira e estruturar sua vida por existir na cidade carioca mais oportunidades de trabalho e desenvolvimento do que em sua cidade natal. A executiva estabelece morada no Rio de Janeiro quando completou 18 anos de idade. Sua formação foi sempre custeada com recursos próprios, e o norteador de suas escolhas profissionais segue a dois conceitos: gosto pessoal e informações do mercado. A E3, informa ter feito um planejamento de sua carreira e por todas as empresas por onde trabalhou, sabia a hora certa de sair para outra organização.

A entrevistada revelou nunca ter feito uso de recolocação profissional e sempre entrou em emprego e trocou de emprego por anúncio de jornal ou por estar desenvolvendo um trabalho em uma empresa e ser solicitada por algum cliente da empresa a desenvolver outro trabalho mais ambicioso.

A executiva informa não fazer muito uso do *network* direto mas do indireto, ou seja, tenta vender seu trabalho com eficiência, profissionalismo e assertividade e com esta receita sempre desenvolveu a sua carreira.

A formação teve caráter fundamental em sua projeção tendo acertado na graduação e outros cursos de formação continuada, pois cada um cumpriu com sua proposta, trazendo maturidade, visão clara sobre o negócio e a capacidade de criar novos modelos.

Quando perguntada se possuía o sentimento de realização a profissional relata ser muito realizada ao expressar: “sou casada com o meu trabalho”.

V. DISCUSSÃO, ANÁLISE DOS DADOS E RESULTADOS DA PESQUISA

Dos profissionais pertencentes à amostra, todos são executivos e investidos de autoridade, informação e responsáveis pela condução do planejamento estratégico da organização como definido por Mintzberg (1986), ao longo do referencial teórico.

A E1 no começo de sua carreira seguiu o modelo tradicional (MONTANA, 2010), tendo assumido o modelo de carreira sem fronteiras como os demais entrevistados quando sua carreira passou a ser norteada pela procura de desafios, realização, novos aprendizados como afirmam os autores, Souza (2005), Balassiano & Costa (2006) e Bitencourt (2005). Após adquirir experiência com as respectivas empresas, esses profissionais necessitam de novos desafios a sentirem-se seduzidos a permanecer na mesma organização. Veja que para este extrato profissional o incentivo financeiro não representa a razão principal para migrarem de empresa (por isso possuem origem profissional em segmentos diversos) e sim desafios o que pode ser comprovado no discurso de cada um dos executivos respondentes a esta pesquisa, como comprova Loureiro (2010).

A formação para estes profissionais assume um caráter estratégico e não apresentam resistência em financiar sua própria formação, especialização, mestrado, pois o retorno é certo como declarou a E3 ao mencionar: “(...) cada um cumpriu com sua proposta, trazendo maturidade, visão clara sobre o negócio e a capacidade de criar novos modelos”. Portanto para estes profissionais praticantes do modelo de carreira sem fronteiras a formação torna-se um aliado na luta pelo ser empregável e mesmo que isso represente diversificar o foco de interesse em função de um alinhamento de desejos e gostos profissionais como defendido por Balassiano & Costa (2006) e Freitas (2006). Tal postura é recebida de forma muito grata pelo mercado, não tendo que formar o profissional e sim recrutar profissionais com o perfil desejado, bem vindos a era da gestão estratégica! (CHANLAT, 2000).

Outro aliado do modelo de carreira sem fronteiras está na rede de relacionamentos e este dado foi destacado com propriedade no E1 ao informar que em seu encarecimento, sempre contou com o seu ciclo de amigos exercendo a função de conselheiro e mentor, contribuindo no seu

desenho de carreira (BITENCOURT, 2010). A executiva E3 faz uso do *network* indireto, fazendo do seu trabalho o melhor produto a ser vendido e o E2 sempre faz uso de *headhunter*.

Nos três exemplos temos o planejamento de carreira sendo exercido a todo o tempo com diversas estratégias, algo muito comum a quem exerce o modelo de carreira sem fronteiras, assumindo para si a responsabilidade pelo seu futuro profissional. O referencial teórico tratou deste assunto, planejamento de carreira, através da contribuição de alguns autores como Motta (2006), ao informar que uma carreira gerencial representa um misto de combinações entre desenvolvimento pessoal, profissional, assumir riscos e frustrações. Tendo como fio condutor deste processo, o desenvolvimento e o aprendizado.

Dentre as contribuições do modelo de carreira sem fronteiras a realização no que se faz profissionalmente cria zona de convergência com o projeto individual e a empresa. As organizações e carreiras sem fronteiras são os paradigmas dos novos tempos (COELHO, 2006).

VI. CONCLUSÃO

Ao final deste estudo foi possível melhor compreender os desafios da gestão de carreiras para executivos, apresenta no cenário contemporâneo de avanço do desemprego e escassez de profissional qualificado, o modelo de carreiras sem fronteiras representa uma proposta de desenvolvimento pessoal e profissional que muito favorece indivíduos e também ao mercado, transferindo ao profissional a responsabilidade pelo seu encarecimento e cabendo às empresas investirem em propostas de retenção dos melhores talentos.

Foi possível observar neste artigo que o modelo de carreira apresentado, exige aprendizado contínuo, maior espaço para a satisfação no que se faz e habilidade em assumir riscos, diversificação de foco e assimilação de competência, habilidade e atitudes, culminando em tornar-se mais empregável.

Tal pesquisa não esgota o assunto, pois há muito que aprender a respeito de novos modelos de carreiras, hora vivenciado através do histórico de profissionais na era da gestão estratégica, mundo globalizado, competitividade extrema onde a procura pela satisfação e realização são desejos latentes no imaginário de todos que se dedicam com muito amor e afincado ao que fazem onde a carreira profissional representa para estes, o conjunto de atividades desenvolvidas pelo indivíduo em empresas, projetos e desafios profissionais ao longo de sua vida.

Bem vindos ao modelo de carreiras sem fronteiras.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHUR, M.; ROUSSEOU, D. **The boundaryless career**. Oxford: Oxford University Press, 1996.
- ARTHUR, M. B.; HALL, D. T.; LAWRENCE B. S. **Examples of Social science viewpoints on the career concept**. Handbook of Career Theory. Cambridge University Press, 1989.
- BALASSIANO, M; COSTA, I. S. A. (Organizadores). **Gestão de Carreiras: dilemas e perspectivas**. São Paulo: Atlas, 2006.
- BALASSIANO, M.; VENTURA, E. C. F.; FILHO, J. R. F. **Carreiras e Cidades: Existiria um Melhor Lugar para**

- se **Fazer Carreira?**. RAC, v.8, n.3, Julho-Setembro, 2004: 99-116.
- BRIDGES, W. **Um mundo sem empregos**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- BITENCOURT, C. C. **Gestão de competências e aprendizagem nas organizações**. Rio Grande do Sul: UNISINOS, 2005.
- _____. **Gestão Contemporânea de Pessoas: novas práticas, conceitos tradicionais**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.
- BUJOLD, C. & GINGRAS, M. **Choix professionnel et développement de carrière: Théories et recherche**. Boucherville, PQ: Gaetan Morin, 2000.
- CERTO, S. C. **Administração Estratégica: planejamento e implantação da estratégia**. 3 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2010.
- CHANLAT, J. F. **Ciências Sociais e management: reconciliando o econômico e o social**. São Paulo: Atlas, 2000.
- COELHO, J. A. **Organizações e Carreiras sem Fronteiras: a percepção de formandos sobre a tendência nas exigências profissionais**. 2000. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- _____. **Organizações e Carreiras sem fronteiras**. In: **Gestão de Carreiras: dilemas e perspectivas**. São Paulo: Atlas, 2006.
- DAVEL, E.; MELO, M. C. O. L. **Gerência em ação: singularidades e dilemas do trabalho gerencial**. Rio de Janeiro: FGV, 2005.
- DEFILLIPI, R. J. ; ARTHUR, M. **The boundaryless career: a competence-based perspective**. Journal of Organizational Behavior, v. 15, p. 307-324, 1994.
- DRUCKER, P. F. **Desafios Gerenciais para o Século XXI**. São Paulo, Pioneira Thomson Learning, 2001.
- _____. **Prática da Administração de Empresas**. São Paulo, Pioneira:1981.
- FREITAS, M. E. **Cultura organizacional: identidade, sedução e carisma?**. Rio de janeiro. Editora: FGV, 2006.
- GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo, Atlas, 2010.
- HANDY, C. **A era do Paradoxo**. São Paulo: Makron Books, 1995.
- LOUREIRO, C. M. P. **Trajetórias profissionais de Mulheres Executivas**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estácio de Sá. Rio de Janeiro.
- LUCENA, M. D. S. **Planejamento de Recursos Humanos**. São Paulo: Atlas: 2010.
- MINTZBERG, H. **Trabalho do executivo: o folclore e o fato**. Coleção Harvard de Administração. São Paulo. Nova Cultura, 1986, n.3, p. 5-57.
- MONTANA, P. J; CHARNOV, B. H. **Administração**. 3 ed. São Paulo: Saraiva, 2010.
- MOTTA, P. R. Reflexões sobre a Customização das Carreiras Gerenciais: a individualidade e a competitividade contemporâneas. In: **Gestão de Carreiras**, São Paulo: Atlas, 2006.
- OLIVEIRA, D. P. R. **Plano de Carreira: foco no indivíduo**. São Paulo: Atlas, 2009.
- OLIVEIRA, J. F.; Oliveira, A. V. M. **Tecnologia, Trabalho e Desemprego: um Conflito Social**. 1ª ed. São Paulo: Érica, 2004.
- PAULA, V.V. **Carreiras gerenciais: um estudo exploratório**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal Fluminense. Rio de Janeiro.
- PONTES, B. R. **Administração de cargos e salários**. São Paulo: LTR, 2006.
- PEREIRA, L. Z.; BRAGA, C. D.; ZILLE, G. P. Estresse ocupacional: como os gestores brasileiros estão respondendo às transformações na função gerencial? In: **Qualidade de vida no trabalho: abordagens e fundamentos**. Rio de janeiro: Elsevier, 2011.
- SOUZA, A. R.; FERREIRA, V. C. P. **Introdução à Administração: uma iniciação ao mundo das organizações**. Rio de Janeiro: Pontal, 2004.
- SOUZA, M. Z. A. et alli. **Cargos, carreira e remuneração**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2005.
- SUPER, D. E. A life-span, life-space, perspective on convergence. In: SAVIKAS, Lent. **Convergence in career development theories: implications for science and practice**. Palo Alto: CPP Books, 1994.
- VERGARA, S. C. **Projetos e Relatórios de pesquisa em Administração**. São Paulo: Atlas, 2011.
- WETZEL, U. **Histórias de recomeço: Privatização e Downsizing**. Rio de Janeiro: Mauad: CIPPEAD, 2000.
- WIND, J. Towards a new marketing paradigm. In: WINTER MARKETING EDUCATORS CONFERENCE (1998: [S.1.]). **Proceedings...** [S.1.]: AMA, 1998.

VIII. COPYRIGHT

Direitos autorais: O autor é o único responsável pelo material incluído no artigo.



AFERIÇÃO DE ORDENHADEIRAS MECÂNICAS NO SUDOESTE DO PARANÁ

EDISON ANTONIO PIN¹, JAIME AUGUSTO DE OLIVEIRA², JOSÉ AUGUSTO HORST³,
JEAN CARLOS POSSENTI², ANDRÉ BRUGNARA SOARES¹, DEBORA DANELUZ⁴,
1-PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO – UTFPR, CÂMPUS PATO BRANCO – PR;
2 - PROFESSOR DA UTFPR, CÂMPUS DOIS VIZINHOS – PR; 3 - TÉCNICO DA
APCBRH, CURITIBA – PR; 4 - DICENTE DA UTFPR, CÂMPUS DOIS VIZINHOS – PR
edisonpin@bol.com.br; jpossenti@utfpr.edu.br; parlpr@holandesparana.com.br

Resumo - Com o objetivo de avaliar a funcionalidade dos componentes básicos de ordenhadeiras mecânicas do tipo “balde ao pé” durante os treinamentos do Senar-PR foram aferidas 126 ordenhadeiras mecânicas do tipo “balde ao pé” em dez municípios da região Sudoeste do Paraná. Medindo a vazão de vácuo na bomba, nível de vácuo no insuflador, relação de massagem e extração de leite na manga curta do pulsador e número de batidas no pulsador. Os resultados foram agrupados no programa Microsoft Excel por modelos de equipamentos fazendo à média e o percentual de cada variável em relação aos padrões de uso. Os componentes da ordenhadeira estavam fora das normas de funcionamento na maioria das máquinas avaliadas.

Palavras-chave: Aferição. Ordenhadeiras. Vácuo.

I. INTRODUÇÃO

O futuro tecnológico da exploração leiteira no Brasil prevê a utilização de equipamentos para melhorar a qualidade de vida dos produtores com modelos robotizados que incrementam o tempo e a renda na pecuária. Sendo possível atualmente obter eficiência na ordenha em sistema canalizado ou do tipo “balde ao pé” fabricados dentro das normas brasileiras (CBQL, 2002). No processo de retirada do leite do úbere a máquina ordenhadeira equilibra a linha de vácuo, de pulsação, de leite e de limpeza. Entretanto a instalação, operação, regulagem e manutenção do equipamento estão inadequadas incidindo negativamente no manejo da ordenha.

O mecanismo da ordenhadeira conduz o leite ao exterior pela diferença de pressão interna do úbere em relação ao insuflador (DELAVAL, 2011). O funcionamento é integrado onde a bomba geradora de vácuo é projetada para um número correspondente de vacas. O regulador de vácuo é responsável pela manutenção dos níveis de ar e de vácuo suficientes para os conjuntos de ordenha. Enquanto o pulsador estabiliza as relações de massagem e extração de leite nos insufladores retirando e transportando o leite até tarro. E o relógio indica o nível de vácuo operante no sistema orientando o produtor para eventuais alterações durante a ordenha. Nos equipamentos do tipo “balde ao pé” o lavador automático é classificado como acessório, estando ausente em muitas propriedades.

As avaliações na máquina ordenhadeira são feitas na bomba, regulador, relógio e no pulsador com instrumentos como o fluxômetro. Já a limpeza, lubrificação e troca das

peças seguem as normas do fabricante e deve ser rigorosa para não prejudicar a ordenha, lesionar os tetos das vacas alterando a composição original do leite (SENAR, 1995). Os procedimentos na ordenha seguem padrões operacionais que necessitam de mão-de-obra qualificada para monitorar a mecânica e providenciar aferições regulares. Dessa maneira esta pesquisa avaliou a funcionalidade dos componentes básicos as ordenhadeiras mecânicas do tipo “balde ao pé” para melhorar o manejo da ordenha das propriedades rurais.

II. MATERIAL E MÉTODOS

As aferições das máquinas ordenhadeiras foram realizadas em propriedades leiteiras de dez municípios da região Sudoeste do Paraná nos anos de 2006 a 2010, durante os cursos do Senar-PR. Foram avaliadas 126 ordenhadeiras mecânicas do tipo “balde ao pé” de dez modelos diferentes, anotando as especificações da marca e os resultados em planilha do Excel.

Os pontos de medição seguiram as indicações do Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite Comitê de Equipamentos (CBQL, 2002). Foi utilizado um vacuômetro nos seguintes pontos: na bomba de ar para medir a vazão de vácuo (50 kPa) comparando com as especificações contidas na bomba, no insuflador para medir o nível de vácuo (42 a 50 kPa) e na manga curta do pulsador para medir a relação de massagem e extração de leite (0 a 42 kPa). As batidas do pulsador (58 a 62 pulsações/minuto) foram medidas utilizando um relógio de pulso. Os resultados foram agrupados no programa Microsoft Excel por modelos de equipamentos fazendo à média e o percentual de cada variável em relação aos padrões regulamentares de uso.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A capacidade das bombas de vácuo estavam de acordo com a especificação do fabricante em 48% das aferições e abaixo em 25%, aferidas com o vacuômetro em 50 kPa (Figura 1A). Quando a potência de vácuo está aquém do indicado na bomba o sistema mecânico não suporta o conjunto de tetos pelo qual foi projetado provocando queda ou entrada de ar durante a ordenha lesionando os tetos das vacas (SENAR, 1995).

O nível de vácuo no insuflador considerado na pesquisa como apropriado foi de 42 a 50 kPa e ocorreu em 65% das máquinas avaliadas (Figura 1B). Esta variação de

vácuo na ponta da teteira pode se alterar em função do tipo de equipamento, retirada e velocidade de ordenha (NMC, 2008). O vácuo abaixo ou acima do padrão de funcionamento não retira todo o leite da glândula mamária provocando mastite e lesões nos tetos da vaca (Zafalon *et*

al., 2008). E quantidades de vácuo abaixo de 42 kPa verificado em 10% dos equipamentos não extraem totalmente o leite e interferem na dinâmica de funcionamento da unidade de ordenha (Figura 1B).

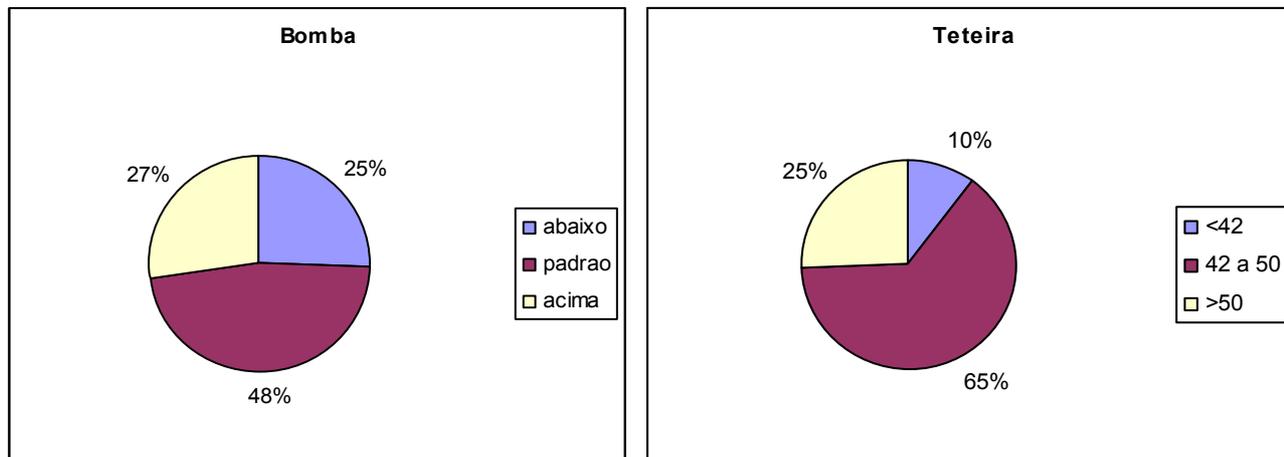


Figura 1A e 1B - Percentual do nível de vácuo na bomba de ar e no insuflador das ordenhadeiras mecânicas do tipo “balde ao pé” na região Sudoeste do Paraná. 2006 a 2010

O pulsador é uma peça que trabalha entre 58 a 62 pulsações por minuto para manter a frequência adequada da ordenha. Segundo Zafalon *et al.* (2008) o ciclo de pulsação deve ficar o mais próximo de 60 batidas por minuto. Na medição dos pulsadores 19% estavam funcionando corretamente, 34% abaixo e 47% acima dos padrões (Figura 2A). O número de pulsações alterado determina uma ordenha rápida ou lenta, prejudicando a retirada correta do leite (INSTITUTO BABCOCK, 2011). O volume anormal de leite residual pode ocasionar inflamação na glândula mamária e diminuição da qualidade e quantidade da produção.

O pulsador funciona como uma válvula de entrada e saída de ar e formação de vácuo na câmara de pulsação da

teteira em quatro fases para fluir o leite e pressionar o teto (DELAVAL, 2011). A relação normal entre massagem do úbere e extração de leite situa-se entre 0 a 42 kPa, e ocorreu em 8% das ocasiões (Figura 2B). O vácuo abaixo ou acima de 42 kPa demonstra que as fases no intervalo de um minuto abrindo ou fechando o insuflador estava irregular em 92% dos casos (Figura 2B). Os sistemas de pulsação pode ser alternado ou contínuo movimentando as teterias durante a ordenha com eficiência (SENAR-PR, 1995). Em 77% das ocasiões a sincronia das fases da ordenha estava abaixo de 42 kPa alterando a retirada de leite do úbere da vaca (Figura 2B). A deficiência no funcionamento e limpeza dos pulsadores foi associado por Coentrão *et al.* (2008) a mastite subclínica em bovinos leiteiros.

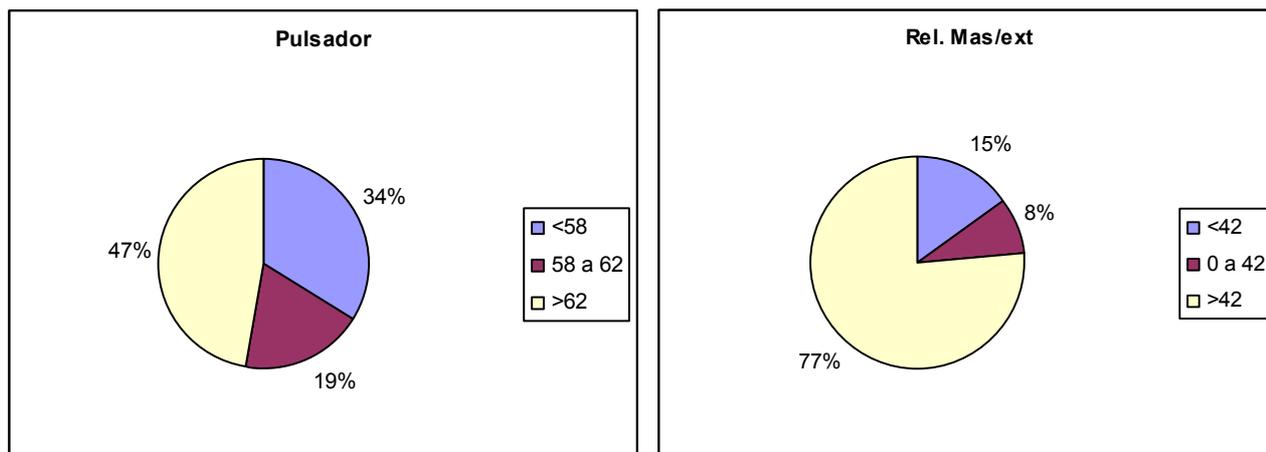


Figura 2A e 2B - Percentual do número de pulsações e relação de massagem do úbere e extração de leite no pulsador das ordenhadeiras mecânicas do tipo “balde ao pé” na região Sudoeste do Paraná. 2006 a 2010

IV. CONCLUSÕES

Os componentes da ordenhadeira estão fora dos padrões normais de funcionamento na maioria das máquinas avaliadas. Pela precariedade na operação e manutenção dos equipamentos e deficiência na assistência técnica especializada. Que podem causar danos irreparáveis no equipamento e a saúde do animal, prejudicando o volume e a qualidade do leite extraído da vaca leiteira.

V. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CBQL. Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite - Comitê de Equipamentos de Ordenha: recomendações do Comitê de Equipamentos/ Conselho Brasileiro de Qualidade do Leite - São Paulo: Quiron, 2002. 28p.; 21 cm.
- COENTRÃO, C.M.; SOUZA, G.N.; BRITO, J.R.F. *et al.* Fatores de risco para mastite subclínica em vacas leiteiras. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.** vol.60 no.2 Belo Horizonte Apr. 2008.
- DELAVAL. **Equipamento de ordenha.** 2011. Disponível em: <<http://DeLavalwww.delaval.com.br/-/Product-Information1/Milking/>>. Acesso em 02/06/2012.
- INSTITUTO BABCOCK. Pesquisa e Desenvolvimento da Pecuária Leiteira Internacional. University of Wisconsin-Madison, 2011. Disponível em: <http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/pt/de_21.pt.pdf>. Acesso em 15/07/2012.
- NMC. Claw vacuum is most direct measure of milking system's effect on the cow. **Udder Toppics** (NMC), v.31, n.5, p.2, 2008.
- SENAR (Serviço Nacional de Aprendizagem Rural). **Trabalhador na operação de equipamento de ordenha.** Curitiba, SENAR, 1995. 44 p.
- ZAFALON, L.F.; POZZI, C.R.; CAMPOS, F.P.DE, *et al.* **Boas Práticas de Ordenha. Embrapa Pecuária Sudeste.** Documentos. 2008. Disponível em: <<http://www.agrozootec.com.br/download/Boas%20pr%C3%A1ticas%20na%20ordenha.pdf>>. Acesso em 15/07/2012.

V. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.



LOCALIZAÇÃO REMOTA DE CADEIAS DE ISOLADORES DANIFICADAS EM LINHAS DE TRANSMISSÃO

JOSÉ FELICIANO ADAMI¹; RENATO M. CAPELINI²; MANUEL L. B. MARTINEZ²; MARCEL F. C. PARENTONI²; FERNANDO LUIZ AZEVEDO²; CLAYTON HOMRICH³
1 – UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP – DEE, GUARATINGUETÁ, SÃO PAULO/BRASIL; 2 – UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ – UNIFEL, ITAJUBÁ, MINAS GERAIS/BRASIL; 3 – DISTRIBUIDORA GAUCHA DE ENERGIA ELÉTRICA S.A. – AES – SUL/BRASIL.

josefeliciano@feg.unesp.br; renato581@gmail.com; martinez@lat-efei.org.br; pagentoni@yahoo.com.br; claiton.homrich@aes.com

Resumo - Este artigo apresenta um método para localização remota de cadeias de isoladores danificadas em linhas de transmissão. Danos em cadeias de isoladores podem acarretar no surgimento do Efeito Corona, gerando descargas parciais que podem viajar pela linha de transmissão e serem capturadas em algum ponto por um acoplador capacitivo. A forma dos sinais dessas descargas parciais depende do ponto de instalação da cadeia de isoladores na linha de transmissão. Então, o método propõe o reconhecimento do padrão dos sinais das descargas parciais como meio se localizar as cadeias de isoladores danificadas. Isso é realizado através de um software baseado em Redes Neurais artificiais, um método de inteligência artificial reconhecido pelo seu bom desempenho nesse tipo de aplicação. Para a aquisição de sinais é utilizado um novo método de acoplamento capacitivo. Ao invés de se utilizar os transformadores de potencial capacitivos, de alto valor de aquisição, emprega-se a capacitância entre a fase e a carcaça dos transformadores de corrente como elemento acoplador.

Palavras-Chave: Cadeia De Isoladores. Linha De Transmissão. Efeito Corona. Transformador de Corrente. Rede Neural. Inteligência Artificial.

I. INTRODUÇÃO

Manter uma linha de transmissão em boas condições de funcionamento é algo que demanda um alto investimento tanto em equipamentos quanto em mão-de-obra. O alto grau de confiabilidade exigido e as graves consequências no caso de uma interrupção no fornecimento de energia elétrica levam as empresas a buscar métodos e equipamentos cada vez mais eficientes, visando evitar ao máximo problemas nas linhas de transmissão e, caso estes ocorram, reduzir drasticamente o tempo e o custo de reparo.

Dentro deste contexto, novos e caros equipamentos têm sido empregados na manutenção de cadeias de isoladores. Por exemplo, são utilizados nas inspeções, sempre presenciais, câmeras especiais capazes de detectar Efeito Corona. Outras tecnologias mais tradicionais, como a detecção de Efeito Corona por ondas sonoras, também continuam a ter grande aplicabilidade.

Além disso, o emprego de veículos 4 x 4 e até mesmos helicópteros é comum neste tipo de atividade, principalmente em áreas de difícil acesso. Também é

dispendioso o custo com mão-de-obra, sendo que este tipo de inspeção demanda muito tempo e exige equipes bem treinadas.

Desta forma, apesar do grande desenvolvimento das tecnologias utilizadas neste processo, a inspeção de cadeias de isoladores continua a ter um custo elevado principalmente pelo fato de ser obrigatoriamente realizada de forma presencial.

Para que seja possível a redução de custos e tempo gasto com este tipo de atividade, então, é necessário que a mesma seja realizada remotamente, isto é, sem a necessidade de deslocamento de equipes ao longo das linhas de transmissão.

O método proposto neste artigo elimina a necessidade de inspeções presenciais das cadeias de isoladores. Sabendo-se que o Efeito Corona resulta na geração de sinais de alta frequência (descargas parciais) [1] e que estes possuem características que são alteradas conforme a posição da cadeia de isoladores na linha de transmissão, um sistema baseado em Redes Neurais Artificiais foi criado com a finalidade de analisar um sinal de descarga parcial oriundo de uma cadeia de isoladores e identificar em que ponto da linha de transmissão esta cadeia se encontra.

Para a aquisição destes sinais de descargas parciais, um método inovador foi desenvolvido. Com a finalidade de se eliminar a necessidade do emprego de capacitores de acoplamento e transformadores de potencial capacitivos (TPCs), equipamentos caros e pouco difundidos no sistema elétrico são utilizados a capacitância existente entre a fase e a carcaça dos transformadores de corrente (TCs). Os transformadores de corrente, por sua vez, são facilmente encontrados no sistema, realizando suas funções primárias de proteção e medição.

II. REPRODUÇÃO DO EFEITO CORONA

Sendo o Efeito Corona o principal fenômeno utilizado na detecção das cadeias de isoladores danificadas, foi necessário reproduzi-lo em laboratório para que o trabalho pudesse ser desenvolvido. Como a tensão disponível em laboratório podia assumir valores pouco superiores a 16 [kV], a incidência do Efeito Corona em cadeias de

isoladores tornou-se praticamente impossível. Foi necessário, então, o uso de um artifício com a finalidade de simular as descargas parciais geradas pelo Efeito Corona, o qual pode ser visualizado na figura 1.



Figura 1 – Reprodução do Efeito Corona em uma cadeia de isoladores

Na figura 1 vê-se um condutor de alumínio instalado entre o pino e a campânula de um dos isoladores da cadeia. Ainda que com alguma dificuldade, é possível notar um pequeno arco elétrico entre a ponta do condutor e a campânula do isolador, arco este que simula com eficiência uma descarga parcial gerada por Efeito Corona.

A partir do sinal típico gerado na reprodução do Efeito Corona, mostrada na figura 2, pode-se notar que este possui frequência da ordem de MHz, baixa amplitude e sofre acentuado amortecimento.

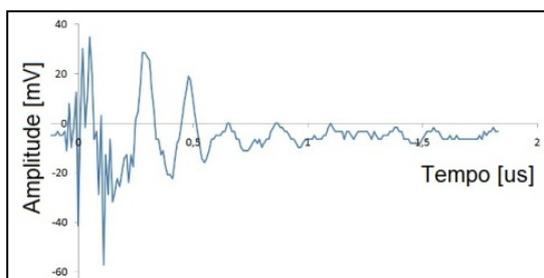


Figura 2 – Sinal típico de descarga parcial gerado pela reprodução do Efeito Corona

Por estar situado nesta faixa de frequência, o sinal pode se confundir facilmente com interferências presentes nas linhas de transmissão, exigindo um sistema de reconhecimento altamente eficaz.

Durante o desenvolvimento do projeto foram testadas três configurações de cadeias de isoladores para linhas de transmissão de 69 [kV]: uma formada somente por isoladores de porcelana, outra formada somente por isoladores de vidro e outra formada por isoladores de vidro e porcelana intercalados. Em todas elas a reprodução do Efeito Corona foi realizada da mesma forma, não sendo constatadas alterações nas formas dos sinais com a mudança do material isolante.

III. A LINHA DE TRANSMISSÃO MONTADA EM LABORATÓRIO

Uma vez que o Efeito Corona foi simulado com sucesso através da técnica mostrada no item anterior, a cadeia de isoladores com este artifício foi instalada em uma

linha de transmissão artificial montada no laboratório de alta tensão da UNIFEI (LAT-EFEI), a qual pode ser vista na figura 3.



Figura 3 – Linha de transmissão artificial montada em laboratório

O sistema é composto não só pela linha de transmissão monofásica, mas também por um transformador de potência, uma bobina de bloqueio, um reator e dois transformadores de corrente, além do sistema de aquisição de dados composto por um transdutor de corrente, placa de aquisição e um computador padrão PC.

A linha de transmissão artificial, formada por uma cascata de circuitos π (12 capacitores e 12 indutores), representa uma linha de transmissão real de 69 [kV] com comprimento de aproximadamente 48 [km]. Seus indutores são providos de 4 taps por unidade, cada um representando um incremento de 25% do valor de indutância total, possibilitando a instalação da cadeia de isoladores em 48 pontos diferentes ao longo da linha de transmissão.

Um sistema de aquisição, formado por um transdutor de corrente, uma placa de aquisição e um computador é utilizado para captar os sinais de alta frequência através da carcaça do TC e digitalizá-lo.

A placa de aquisição possui resolução vertical de 8 [bits] e taxa de amostragem de 100 [MS/s], contando com dois canais de aquisição de dados e um canal de *trigger* externo. Desta forma, é possível realizar aquisição de sinais em dois pontos do sistema simultaneamente. Depois de digitalizados, os sinais são enviados ao PC, onde são armazenados para posterior análise através de Redes Neurais Artificiais.

A Figura 4 mostra a placa de aquisição e o PC.



Figura 4 – PC e placa de aquisição

A bobina de bloqueio, normalmente utilizada para confinar sinais em sistema *Power Line Carrier* (PLC) na linha de transmissão, foi inserida no sistema para bloquear sinais indesejados provenientes da rede de distribuição, podendo bloquear as faixas de 78 [kHz] a 135 [kHz], 112 [kHz] a 300 [kHz] e 300 [kHz] a 500 [kHz].

Devido ao caráter capacitivo da linha de transmissão, uma vez que não há carga alimentada pela mesma, existe a necessidade de se corrigir o fator de potência de modo que o sistema consuma o mínimo de potência possível. Para tal, um reator 1,218 [mH], também provido de taps, é acoplado ao lado de baixa tensão do transformador.

Em cada extremidade da linha de transmissão há um transformador de corrente, cuja finalidade principal neste trabalho não é adequar a corrente a níveis compatíveis com equipamentos de medição ou proteção, mas sim servir de

acoplamento capacitivo para a aquisição de sinais de alta frequência. Isto é possível devido ao comportamento capacitivo entre fase e carcaça, como mostra a figura 5, extraída de um ensaio de resposta em frequência de um dos TCs do sistema.

Diversos outros transformadores de corrente foram ensaiados, utilizando o equipamento FRanalyser, a fim de se certificar sobre este comportamento, sendo que os gráficos de resposta em frequência obtidos foram praticamente idênticos.

O transdutor de corrente consiste de um transformador cujo núcleo envolve o condutor de aterramento do TC, o qual está diretamente ligado a carcaça do mesmo, como mostra a figura 6.

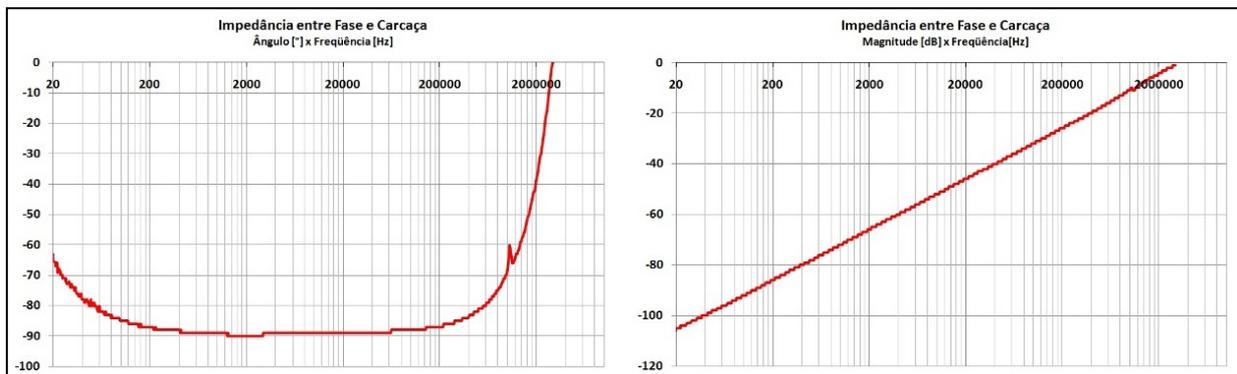


Figura 5 – Comportamento da impedância entre fase e carcaça do TC



Figura 6 – Transdutor de corrente conectado a carcaça do TC

O esquema elétrico do sistema é mostrado na figura 7.

IV. REDES NEURAIS

O reconhecimento às mudanças nas formas dos sinais de descargas parciais provenientes da reprodução do Efeito Corona é uma tarefa muito complicada. Embora haja certa repetitividade dos sinais, algumas características parecem ser aleatórias, enquanto outras parecem mudar de acordo com certo padrão. Diante de tal complexidade, somada ao fato de que estes sinais possuem amplitude muito baixa, optou-se pela utilização de técnicas de inteligência artificial ao invés dos tradicionais métodos de localização de

descargas e faltas, como por exemplo, ondas viajantes [2].

A técnica escolhida é chamada de Redes Neurais Artificiais, ou simplesmente Redes Neurais, e consiste em uma modelagem bastante simplificada do cérebro humano. Este é composto por unidades de processamento básicas chamadas de neurônios, os quais são formados por terminais receptores (*dendritos*), uma central de processamento de informação (*corpo celular*), um longo terminal responsável por transmitir as informações processadas (*axônio*) e terminais de saída responsáveis por realizar as conexões com outros neurônios (*terminais sinápticos*). A velocidade de processamento de um neurônio é de aproximadamente 10^{-3} [s] por operação, muito lenta se comparada à velocidade de uma porta lógica de silício, que é em torno de um milhão de vezes mais rápido. Esta baixa velocidade, entretanto, é compensada pela forma com que os neurônios estão ligados entre si. O cérebro humano é formado por uma rede altamente paralela construída por cerca de 10 bilhões de neurônios e 60 trilhões de conexões entre eles, as sinapses, o que o torna uma estrutura extremamente robusta e rápida [3].

Uma Rede Neural tenta imitar em parte a estrutura cerebral humana, sendo formada por uma rede altamente paralela de neurônios artificiais. Estes, por sua vez, são inspirados nos neurônios biológicos, sendo constituídos das partes mostradas na figura 8.

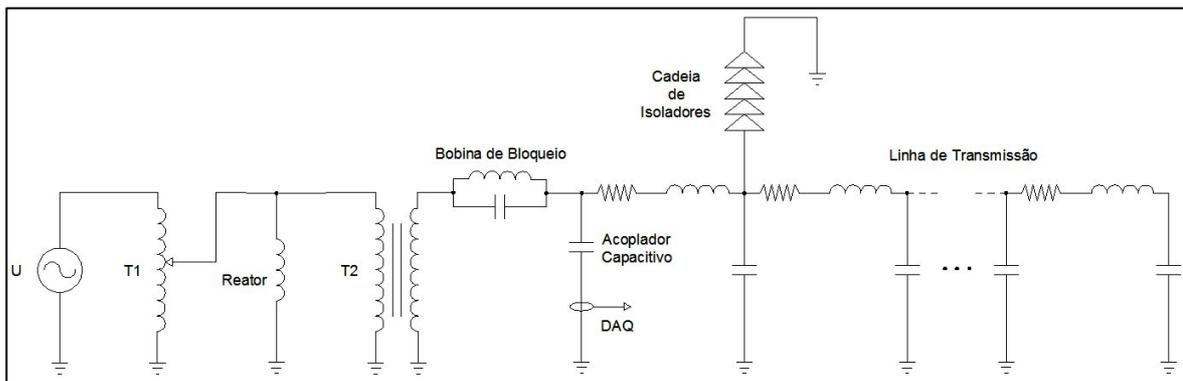


Figura 7 – Esquema elétrico do sistema montado em laboratório

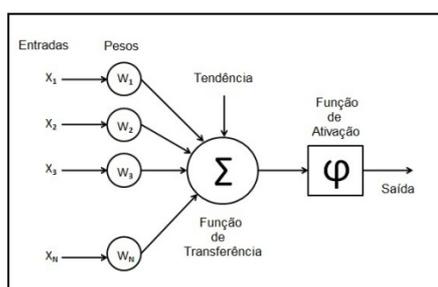


Figura 8 – Neurônio artificial não linear

As entradas recebem os sinais provenientes de sensores ou de outros neurônios, sendo estes sinais ponderados pelos pesos. A tendência, ou *bias*, aumenta ou diminui a entrada líquida para a ativação do neurônio. A função de transferência então realiza uma combinação linear das entradas e da tendência, ao passo que a função de ativação restringe a saída do neurônio, além de introduzir uma não linearidade ao modelo.

Os neurônios artificiais são conectados entre si na forma de camadas, sendo estas, de uma forma geral, divididas em camada de entrada, camadas intermediárias ou ocultas e camada de saída, como mostra a figura 9.

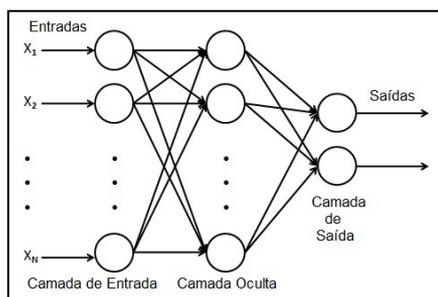


Figura 9 – Topologia básica de uma Rede Neural

As Redes Neurais podem assumir três arquiteturas básicas, sendo elas as redes *feedforward* de uma única

camada, as redes *feedforward* de múltiplas camadas e as redes recorrentes. Nas redes *feedforward* o sinal sempre se propaga para frente, sendo que a rede *feedforward* de uma única camada não possui camadas intermediárias. Já as redes recorrentes possuem pelo menos um laço de propagação para trás, gerando uma realimentação.

Uma das propriedades mais importantes de uma Rede Neural é sua capacidade de *aprender*, processo similar ao realizado pelo cérebro humano. Uma Rede Neural aprende sobre o seu ambiente alterando os pesos das conexões e a tendência, melhorando seu *conhecimento* ao longo das iterações. O processo de aprendizagem pode ocorrer de maneira autônoma ou supervisionada. Na aprendizagem supervisionada, exemplos de situações e suas respostas esperadas são apresentados a Rede Neural, enquanto que na aprendizagem autônoma não há esta facilidade, sendo necessário o uso de medições internas para avaliar o desempenho da Rede Neural.

V. MÉTODO PROPOSTO

Sabendo-se que a forma dos sinais de uma descarga parcial gerada pela reprodução do Efeito Corona em uma cadeia de isoladores varia conforme a posição do isolador defeituoso na cadeia de isoladores e a localização desta ao longo da linha de transmissão, o objetivo deste trabalho é criar um programa capaz de associar as formas dos sinais às situações que os originaram. Este programa, baseado em Redes Neurais, recebe os sinais capturados, através do sistema de aquisição formado pelo transformador de corrente, mini TC placa de aquisição, os compara com seu conhecimento prévio. Caso a forma do sinal em questão seja reconhecida, o programa informa a localização da cadeia de isoladores na linha de transmissão associada a este sinal. Este procedimento é resumidamente descrito no fluxograma da figura 10.

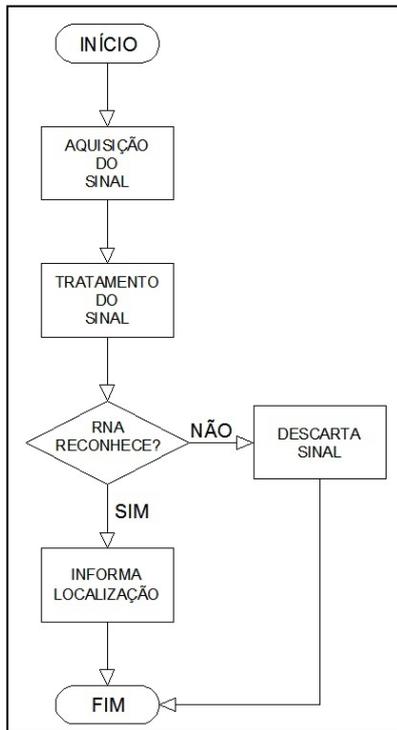


Figura 10 – Filosofia do método proposto

Porém, para que o programa tenha esta capacidade, o mesmo deve ter sua Rede Neural treinada, isto é, o programa deve conhecer quais são as características básicas das formas dos sinais associados a cada posição da linha de transmissão.

Como o objetivo maior deste trabalho é localizar a cadeia de isoladores e não o isolador problemático em si, uma vez que a cadeia defeituosa é substituída por completo, a Rede Neural precisa ser treinada de forma a reconhecer todas as situações de defeito em uma cadeia como uma só situação. Isto gera a necessidade de se criar um grande banco de dados contendo todos os exemplos de situações que poderiam ocorrer em uma cadeia de isoladores.

No caso, como a cadeia em questão possui cinco isoladores, a rede precisa ser treinada de forma a reconhecer defeitos em cada um dos isoladores e também reconhecer defeitos em mais de um isolador ao mesmo tempo em cada ponto de fixação da cadeia na linha.

VI. DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento do método contou com a criação de diversos programas de tratamento de sinais e reconhecimento de padrões. Foram testadas diversas configurações de Redes Neurais e algoritmos de filtragem, de forma a identificar qual a melhor combinação para a aplicação em questão.

Nos itens 6.1 e 6.2 são apresentados os resultados de dois testes realizados com programas de localização de cadeias de isoladores. Tais testes foram realizados na linha de transmissão artificial mostrada no item 3 e contaram com uma cadeia de isoladores de porcelana dotada de dispositivo de reprodução de Efeito Corona (figura 1).

6.1. Teste nº 1

O objetivo deste teste foi localizar cadeias de isoladores defeituosas em seis pontos conhecidos da linha de transmissão, ou seja, reconhecer seis tipos de padrões de sinais. De maneira que se pudesse observar apenas o desempenho das Redes Neurais, não foram utilizados algoritmos de compressão de sinais, isto é, as Redes Neurais foram alimentadas com os sinais de descarga parcial filtrados por um filtro passa faixa de 1 a 10 [MHz] formados por vetores contendo o número original de amostras (500).

O treinamento das Redes Neurais foi realizado a partir de um banco de dados formado por 6.000 sinais, sendo 1.000 sinais provenientes de cada um dos seis taps. Para a geração destes sinais, o dispositivo de reprodução de Efeito Corona foi acoplado a um dos isoladores da cadeia e mantido na mesma posição durante todo o teste.

Uma vez treinadas as Redes Neurais, um segundo banco de dados foi montado a partir da geração de sessenta novos sinais provenientes dos seis taps. Esse banco de dados foi utilizado para testar o desempenho do programa, sendo identificados na tabela 1. Cada desses sinais foram apresentados ao programa para reconhecimento, sendo que o resultado pode ser observado na figura 11.

Tabela 1 – Sinais para teste do programa

Sinais para Verificação de Desempenho – Teste nº 1						
Localização da Cadeia de Isoladores na Linha de Transmissão	km 01	km 08	km 15	km 22	km 29	km 36
Sinais	1 a 10	11 a 20	21 a 30	31 a 40	41 a 50	51 a 60

O gráfico da figura 11 mostra os sessenta sinais submetidos ao reconhecimento pelas Redes Neurais e suas respectivas chances de pertencerem a um determinado padrão. Cada padrão é representado por uma barra de determinada cor e para cada um dos sinais são apresentadas seis barras. No gráfico pode-se ver que as barras correspondentes aos padrões corretamente reconhecidos são muito maiores que as barras que correspondem aos demais padrões para todos os casos. Além diagnosticar corretamente todos os sinais, isso mostra que o programa reconheceu os padrões com baixo grau de “incerteza”. Quanto menor a diferença de tamanho entre as barras, maior o grau de incerteza da resposta.

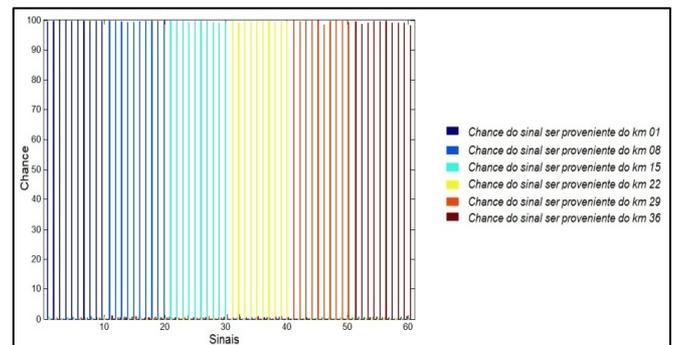


Figura 11 – Resultado do reconhecimento dos 60 sinais da tabela 1

6.2. Teste n° 2

O teste n° 2 foi realizado sem a utilização de algoritmos de compressão de dados, isto é, as Redes Neurais foram alimentadas com sinais representados pela quantidade original de amostras fornecidas pela placa de aquisição. Esta grande quantidade de amostras contribui para a alta qualidade das respostas das Redes Neurais, porém faz com que as mesmas realizem um esforço computacional muito grande, comprometendo a rapidez do diagnóstico e principalmente do treinamento. Assim, para que se conseguisse um equilíbrio entre rapidez e qualidade de resposta foi necessário alterar o programa do teste n° 1, dotando-o de um algoritmo de compressão de dados.

O algoritmo de compressão utilizado, o *filtro de porcentagem*, foi desenvolvido neste trabalho e tem a finalidade de reduzir o número de amostras para 10% da quantidade original, isto é, após sua aplicação os sinais são representados por 50 amostras apenas. A figura 12 mostra o fluxograma com os passos aplicados pelo algoritmo, onde é possível observar que o sinal é filtrado em 50 faixas de frequências com largura de 1 [MHz]. Em seguida, os valores das amostras de cada faixa são combinados e comparados com uma combinação dos valores das amostras originais.

Esta é uma forma de representar o impacto de cada faixa de frequência na composição do sinal original. Na figura 13 pode-se observar o exemplo de um sinal de descarga parcial e sua representação após a aplicação do filtro de porcentagem.

Após a modificação do programa, um banco de dados contendo 12.000 sinais provenientes de 12 taps da linha de transmissão, sendo 1.000 sinais de cada tap, foi montado para o treinamento das Redes Neurais. Enviados ao programa, os mesmos foram primeiramente submetidos ao filtro de porcentagem para em seguida serem utilizados no treinamento das Redes Neurais.

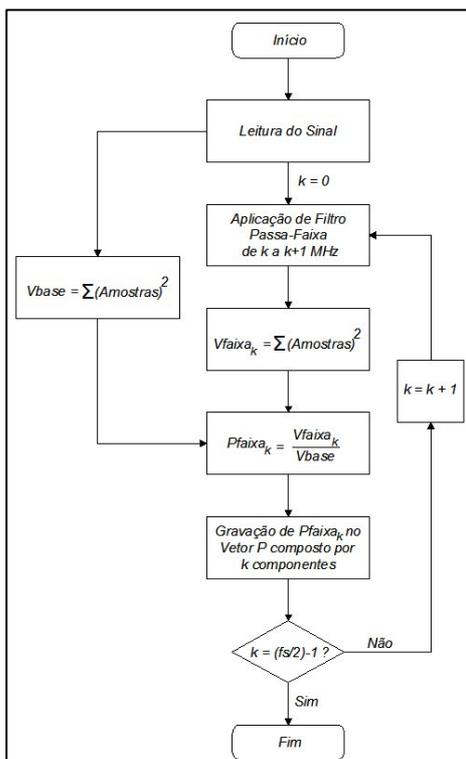


Figura 12 – Fluxograma do algoritmo de compressão de dados

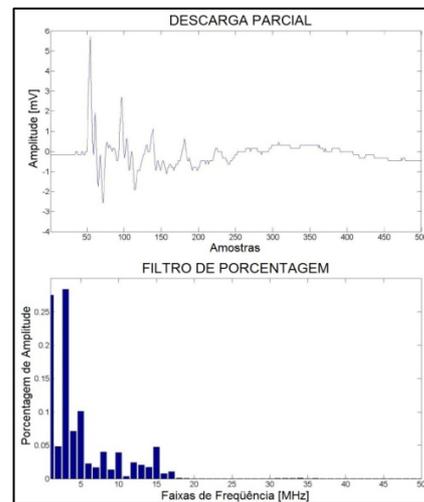


Figura 13 – Exemplo de representação de um sinal de descarga parcial após a aplicação do filtro de porcentagem

Uma vez treinadas as Redes Neurais, 120 sinais foram coletados para testar o programa, sendo 10 de cada de cada tap, como mostra a tabela 2. Esses sinais foram então submetidos ao programa para a aplicação do filtro de porcentagem e reconhecimento, sendo que o resultado pode ser visto na figura 14.

Tabela 2 – Sinais para teste do programa

Sinais para Verificação de Desempenho – Teste n° 2	
Sinais	Localização da Cadeia de Isoladores na Linha de Transmissão
1 a 10	km 01
11 a 20	km 04
21 a 30	km 07
31 a 40	km 11
41 a 50	km 15
51 a 60	km 18
61 a 70	km 22
71 a 80	km 25
81 a 90	km 29
91 a 100	km 32
101 a 110	km 36
111 a 120	km 39

Os resultados obtidos mostram que, apesar da compressão dos sinais, a taxa de acerto manteve-se inalterada em relação ao teste n° 1. Porém, o tempo utilizado para o treinamento das Redes Neurais foi 5 vezes menor, ao passo que o tempo de reconhecimento foi diminuído em 15 vezes. O tamanho dos bancos de dados e das Redes Neurais treinadas em disco rígido caiu, em média, de 30 vezes em relação ao valor original.

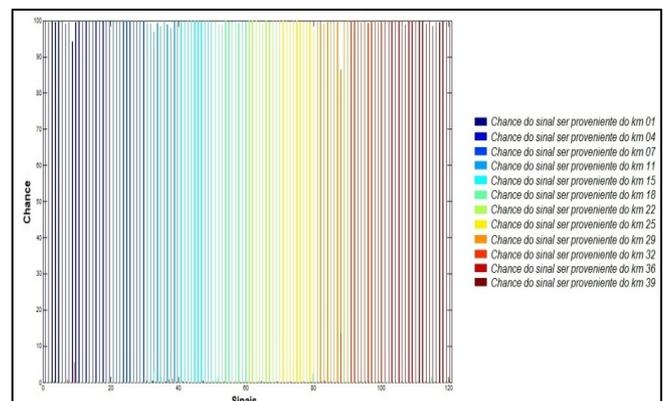


Figura 14 – Resultado do reconhecimento dos 120 sinais da tabela 2

VII. CONCLUSÃO

Com os resultados dos testes mostrados, pode-se afirmar que é possível localizar cadeias de isoladores danificadas em uma linha de transmissão em laboratório apenas analisando o padrão de sinais das descargas parciais geradas nessas cadeias.

As Redes Neurais foram aplicadas com sucesso ao reconhecimento dos padrões de sinais, apresentando um comportamento quase ideal mesmo com a compressão dos sinais para 10% de seu tamanho original. O algoritmo de compressão utilizado mostrou ser bastante adequado à aplicação, não tendo influenciado negativamente na qualidade dos diagnósticos.

A utilização da capacitância entre fase e carcaça de transformadores de corrente como elemento acoplador se mostrou possível, possibilitando a redução do custo de instalação de sistemas de aquisição de em linhas de alta tensão, uma vez que dispensa a instalação de transformadores de potencial capacitivos.

Por fim, pode-se dizer que se este método for adaptado com sucesso em campo as inspeções presenciais de cadeias de isoladores serão praticamente eliminadas, gerando grande economia para as concessionárias de energia, além de aumentar o grau de confiabilidade dos sistemas de transmissão.

VIII. REFERÊNCIAS

- [1] J. F. ADAMI, "Detecção e Identificação de Arcos de Contorno em Cadeias de Isoladores de Linhas de Transmissão Utilizando Técnicas de Processamento de Sinais" Tese de Doutorado, Instituto de Sistemas Elétricos e Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2008.
- [2] M. F. C. PARENTONI, "Localização de Falhas por Ondas Viajantes em Linhas de Transmissão de Três Terminais – Abordagem Baseada em Decomposição Wavelet", Dissertação de Mestrado, Instituto de Sistemas Elétricos e Energia, Universidade Federal de Itajubá, 2006.
- [3] S. HAYKIN, *Neural Networks: a comprehensive foundation*, Prentice Hall, 1999, p. 32.

IX. COPYRIGHT

Direitos autorais: Os autores são os únicos responsáveis pelo material incluído no artigo.