

## Apresentação do volume 5

### **ESTUDO DA ATIVIDADE ANTIRRADICALAR DE ESPÉCIES ANTIOXIDANTES EMPREGANDO REATORES FOTOQUÍMICOS**

Este trabalho de autoria de **Fernanda Oliveira Lima, Simoní Da Ros e Leandro M. de Carvalho** descreve o desenvolvimento e aplicação de dois reatores fotoquímicos para o estudo da atividade antirradicalar dos antioxidantes rutina, quercetina e fisetina. O método é baseado na reação entre os compostos polifenólicos e o radical hidroxil, o qual foi artificialmente gerado pela decomposição fotoquímica de peróxido de hidrogênio. O sistema demonstrou ser útil para o estudo da cinética reacional do radical hidroxila com compostos antioxidantes, bem como o cálculo das suas constantes cinéticas.

### **RACIONALIZAÇÃO DA CURVA DE DEMANDA TÉRMICA DE UMA CÂMARA DE ESTOCAGEM DE ALIMENTOS OPERADA COM FLUIDO SECUNDÁRIO TERMOACUMULADO**

A refrigeração destaca-se como sendo grande consumidora de energia elétrica, devido principalmente aos compressores. Durante o horário de ponta, há a possibilidade dos compressores serem desligados, utilizando a energia a baixa temperatura que foi termoacumulada durante o período fora de ponta, podendo resultar em investimento fixo e custo variável menores. Neste trabalho, escrito por **Juliano José Fiori, Vivaldo Silveira Junior e Flávio Vasconcelos da Silva** estudou-se a curva típica de carga térmica de uma câmara fria e construiu-se uma instalação de fluido secundário de um sistema de resfriamento, adequando-se demais equipamentos. Os ensaios realizados mostraram que o sistema mantém a temperatura da câmara abaixo de 5 °C, durante o horário de ponta.

### **INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE REDES SOCIAIS USANDO WEB SERVICES: UMA ABORDAGEM À INTEROPERABILIDADE**

**Fernando Oliveira Borges e Juliano Schimiguel** destacam que nos últimos anos o termo *Web Service* tem chamado a atenção no mercado e que o desenvolvimento para integrar sistemas com a utilização de serviços web tem tido bastante incentivo diante dos avanços tecnológicos das ferramentas e tecnologias que apóiam os serviços web. Com base neste contexto, este presente artigo apresenta uma abordagem a relevância da tecnologia de *Web Services* como solução para integração de sistemas heterogêneos por meio da interoperabilidade e nesse sentido apresentará o desenvolvimento de uma aplicação de suporte a interação de sistemas de redes sociais, possibilitando a integração e a utilização de serviços de colaboração para a comunicação na WEB.

### **APLICAÇÃO MATEMÁTICA NO MÉTODO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

Esta pesquisa, realizada por **Afrânio Carlos Murolo e Luciano Oliveira das Neves** tem a finalidade de detalhar a metodologia da Teoria das Restrições para esclarecer e facilitar a sua aplicação através dos cálculos matemáticos e o gerenciamento das restrições de um sistema, onde a solução é dada através do raciocínio

lógico que busca a eficácia nos resultados. Tem por finalidade de analisar as informações do estado atual da empresa, negócio, processo e atividade, quanto a valores (custos, despesas, falhas, lucros, mercado, eficiência, produtividade, demanda, vendas, clientes e outros). E a partir destes fatores, aplicar a lógica para maximizar o ganho e minimizar ou eliminar as restrições que impedem o ganho no sistema.

## **USOS, APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS DA LOGÍSTICA REVERSA NAS INDÚSTRIAS NO SETOR DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS**

**O estudo de Vanderlei Roque e Marco Antonio Paletta** têm como objetivo apresentar as oportunidades e ganhos obtidos através da Logística Reversa. Vivendo um período de conscientização ambiental, governo e sociedade tem exercido forte influência sobre as empresas no modo como elas destinam os resíduos sólidos. Nesse cenário, a Logística Reversa tem apresentado soluções para o problema do lixo eletrônico, trazendo benefícios para a sociedade e para as empresas que a praticam e agregando valores econômicos, ecológicos, logísticos, entre outros.

## SUMÁRIO

### **ESTUDO DA ATIVIDADE ANTIRRADICALAR DE ESPÉCIES ANTIOXIDANTES EMPREGANDO REATORES FOTOQUÍMICOS**

*Fernanda Oliveira Lima; Simoni Da Ros; Leandro M. de Carvalho Langrafi.....1*

### **RACIONALIZAÇÃO DA CURVA DE DEMANDA TÉRMICA DE UMA CÂMARA DE ESTOCAGEM DE ALIMENTOS OPERADA COM FLUIDO SECUNDÁRIO TERMOACUMULADO**

*Juliano José Fiori, Vivaldo Silveira Júnior; Flávio Vasconcelos da Silva.....13*

### **INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE REDES SOCIAIS USANDO WEB SERVICES: UMA ABORDAGEM À INTEROPERABILIDADE**

*Fernando Oliveira Borges; Juliano Schimiguel.....27*

### **APLICAÇÃO MATEMÁTICA NO MÉTODO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES**

*Afrânio Carlos Murolo; Luciano Oliveira das Neves.....38*

### **USOS, APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS DA LOGÍSTICA REVERSA NAS INDÚSTRIAS NO SETOR DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS**

*Vanderlei Roque; Marco Antônio Paletta.....53*



## ESTUDO DA ATIVIDADE ANTIRRADICALAR DE ESPÉCIES ANTIOXIDANTES EMPREGANDO REATORES FOTOQUÍMICOS

**Fernanda Oliveira Lima**

[química.fernandalima@gmail.com](mailto:química.fernandalima@gmail.com)

Doutoranda em Química Analítica na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS – Brasil,

**Simoní Da Ros**

[simonidaros@yahoo.com.br](mailto:simonidaros@yahoo.com.br)

Mestranda em Engenharia de Processos na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS – Brasil,

**Leandro M. de Carvalho**

[lemacarvalho@gmail.com](mailto:lemacarvalho@gmail.com)

Professor Doutor do Departamento de Química na Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria/RS – Brasil,

### RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento e aplicação de dois reatores fotoquímicos para o estudo da atividade antirradicalar dos antioxidantes rutina, quercetina e fisetina. O método é baseado na reação entre os compostos polifenólicos e o radical hidroxil, o qual foi artificialmente gerado pela decomposição fotoquímica do peróxido de hidrogênio. O sistema demonstrou ser útil para o estudo da cinética reacional do radical hidroxila com compostos antioxidantes, bem como o cálculo das suas constantes cinéticas.

**Palavras-chaves:** atividade antioxidante, reator fotoquímico, radical hidroxil

### ABSTRACT

This work describes the development and application of two photochemical reactors for the study of the radical scavenging activity of the antioxidants rutin, quercetin and fisetin. The method is based on the reaction between the polyphenolic compounds and the hydroxyl radical, which was artificially generated by photochemical decomposition of hydrogen peroxide. The system was shown to be useful for the study of the reaction kinetic of hydroxyl radical with antioxidant compounds as well as the calculation of its kinetic constants.

**Keywords:** antioxidant activity, photochemical reactor, hydroxyl radicals

## 1- INTRODUÇÃO

O interesse pela ação de compostos antioxidantes tem aumentado nos últimos anos, principalmente pela preocupação na prevenção ao envelhecimento e as doenças degenerativas relacionadas aos danos causados pelos radicais livres ao organismo, como câncer, doenças cardiovasculares, catarata, diminuição do sistema imunológico e disfunções cerebrais (Sousa et al).

Os radicais livres, por definição, são espécies que possuem um ou mais elétrons desemparelhados em sua estrutura e, portanto, são altamente reativos. No organismo, *in vivo*, os radicais livres são formados via ação catalítica de enzimas, no decorrer dos processos de transferência de elétrons que ocorrem no metabolismo celular, na tentativa dos radicais livres de se estabilizarem quimicamente. Além disso, eles podem ser gerados no organismo por fatores externos, como por exemplo, a exposição à radiação solar (Bianchi e Antunes). Consequentemente, os radicais livres propiciam reações em cadeia que terminam alterando a conformação, a estrutura ou as funções de proteínas, fosfolípidios das membranas, proteoglicanos, ácidos nucleicos e alguns componentes celulares (Valko et al).

Nos seres vivos, a maioria dos radicais livres é gerada por espécies ativas de oxigênio. Dentre eles, o radical hidroxil é o mais reativo, visto que o organismo não possui sistema enzimático para combatê-lo (Valko et al).

O excesso de radicais livres nocivos ao organismo é combatido por compostos antioxidantes, que estabilizam ou desativam os mesmos, evitando lesões oxidativas de caráter cumulativo. Estes compostos antioxidantes podem ser de origem endógena, como a enzima superóxido dismutase (SOD), e exógena, como tocoferóis (vitamina E), ácido ascórbico (vitamina C), polifenóis, selênio e carotenoides (Sousa et al).

O radical hidroxil ( $\bullet\text{OH}$ ) pode ser gerado por reações fotoquímicas do peróxido de hidrogênio ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) e na água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) por ação de radiação UV (reações 1 e 2) (Carvalho et al):



O radical  $\bullet\text{OH}$  pode reagir por meio de três mecanismos distintos: abstração de hidrogênio, transferência de elétrons e adição radicalar. Nas reações de abstração de hidrogênio do antioxidante (Ant), ocorre a inativação do mesmo e a supressão do radical  $\bullet\text{OH}$  (reações 3 e 4). (Valko et al; Carvalho et al) Os radicais secundários formados durante estas reações podem novamente reagir com outros compostos (Carvalho et al):



As reações radicalares podem ser desenvolvidas em reatores fotoquímicos, os quais têm sido desenvolvidos principalmente para a decomposição de amostras e o tratamento de resíduos industriais, visto que promovem a degradação da matéria orgânica (Carvalho et al). Campos e colaboradores (2001) construíram um reator fotoquímico que permite a irradiação simultânea de 5 amostras, as quais são mantidas a 70 °C durante o processo de mineralização sob circulação de ar (Carvalho et al). O sistema é provido de uma lâmpada de mercúrio de alta pressão (125 W) utilizada em iluminação pública, cujo bulbo externo foi removido para total exposição das amostras à radiação UV (Carvalho et al). Carvalho e colaboradores (2008) desenvolveram um reator fotoquímico que possibilita a irradiação simultânea de 12 amostras, as quais são mantidas à temperatura controlada por um termo-regulador durante o processo de mineralização sob circulação de ar (Carvalho et al). O sistema é provido de uma lâmpada de mercúrio de alta pressão (400 W) utilizada em iluminação pública, cujo bulbo externo foi removido para total exposição das amostras à radiação UV (Carvalho et al).

As lâmpadas de tungstênio e mercúrio são as mais utilizadas em reatores fotoquímicos. A lâmpada de tungstênio emite praticamente em toda a região do espectro visível e ultravioleta, ( $250 \text{ nm} < \lambda < 800 \text{ nm}$ ), enquanto que a lâmpada de mercúrio emite, nesta mesma região, na forma de linhas espectrais. O emprego da lâmpada de tungstênio proporciona um maior número de comprimentos de onda para a excitação da amostra. Por outro lado, a lâmpada de mercúrio oferece maior intensidade nos



comprimentos de onda em que emite radiação (Golimowski e Golimowska; Gaudin et al; Sansonetti et al).

Considerando a grande variedade de compostos com propriedades antioxidantes, alguns métodos *in vitro* foram desenvolvidos para a avaliação da atividade anti-radicalar de diversos compostos. Estes métodos empregam espécies radicalares estáveis em que a detecção do ponto final da reação se realiza, geralmente, por medida da absorvância no UV. Entre as metodologias mais conhecidas para determinação da atividade antioxidante de alimentos, bebidas e de plasma sanguíneo, estão os ensaios de captura de radicais livres DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazina) e o ABTS [2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico] (Soares et al). Métodos alternativos têm sido descritos na literatura, como o método recentemente proposto por Scholz e colaboradores (2007). Este método voltamétrico emprega um eletrodo modificado com monocamadas auto-organizadas (SAMs) a base de alquiltióis, a qual interage com os radicais  $\bullet\text{OH}$  gerados pela reação de Fenton e possibilita a determinação da cinética de reação de antioxidantes com os radicais livres.

Este trabalho descreve o estudo da fotoestabilidade e da atividade anti-radicalar (antioxidante) dos compostos ácido ascórbico, rutina, quercitina e fisetina, através da reação entre as espécies, a radiação UV e o radical OH gerado artificialmente pela fotodecomposição do peróxido de hidrogênio.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

### **Instrumentação**

Os espectros de absorção molecular no UV-VIS foram obtidos entre 200 e 800 nm em um espectrofotômetro com arranjo de diodos HP 8453 (Hewlett Packard), utilizando uma célula de quartzo de 10 mm de espessura do caminho óptico.

Neste trabalho, foram construídos dois sistemas de irradiação, denominados reatores fotoquímicos, diferenciados pela fonte de radiação empregada: lâmpadas comerciais de mercúrio e de tungstênio. Os sistemas consistem dos seguintes componentes básicos: uma fonte de radiação; um sistema de resfriamento por circulação

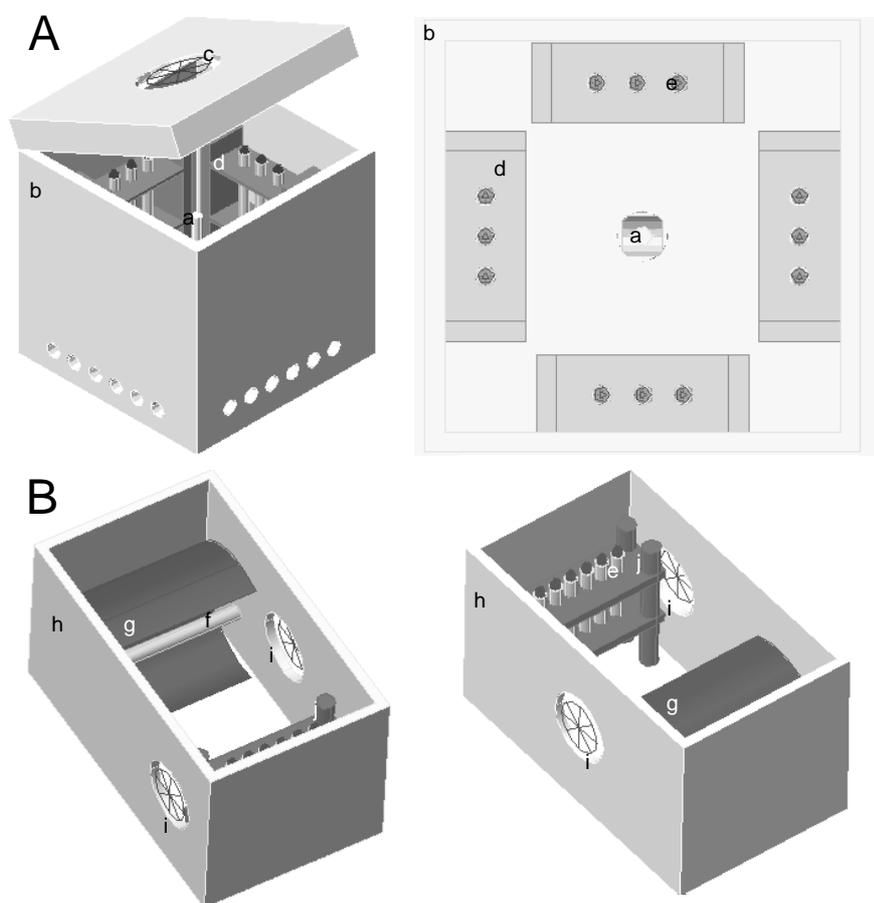


forçada de ar; um termômetro para controle de temperatura; um suporte para tubos de quartzo e uma caixa de madeira forrada com papel alumínio. A Figura 1 ilustra a composição dos dois sistemas de irradiação construídos em laboratório, onde se emprega fonte de irradiação de mercúrio (A) e de tungstênio (B).

No reator fotoquímico (A), uma lâmpada de mercúrio de alta pressão com potência nominal de 80 W foi empregada como fonte de radiação (a) (marca GE). A lâmpada com o bulbo exposto foi afixada na parte central do sistema onde está posicionado o soquete da lâmpada. A caixa de madeira forrada com papel alumínio (b) que envolve o sistema é na forma de cubo e apresenta 21,5 cm de aresta. O sistema de resfriamento é constituído de um *cooler* (c) (marca RUILIAN SCIENCE TECHNOLOGY), igual à ventiladores usados em computadores, posicionado na parte superior do sistema, o qual é acionado, durante todo o funcionamento da lâmpada. A temperatura máxima de operação do sistema foi de 30 °C com variação de  $\pm 5$  °C. O suporte para 12 tubos de quartzo (d) foi construído e moldado em madeira, com dimensões precisas, de modo que os tubos permaneçam dentro do sistema circundando o bulbo da lâmpada.

Já no reator fotoquímico (B), uma lâmpada de tungstênio com potência nominal de 150 W foi empregada como fonte de irradiação (f) (marca Xelux). A lâmpada foi afixada em um refletor retangular (marca XELUX) (g), onde está posicionado o soquete da lâmpada, e este posicionado na parte lateral o sistema. A caixa de madeira forrada com papel alumínio (h) que envolve o sistema é na forma retangular e apresenta 35 cm de comprimento e 18,6 cm de largura e altura. O sistema de resfriamento foi constituído de dois *coolers* (i) posicionados um em cada lado do reator, e são acionados automaticamente, durante todo o funcionamento da lâmpada. A temperatura máxima de operação do sistema foi de 60 °C com variação de  $\pm 5$  °C. O suporte para 6 tubos de quartzo (j) foi construído e moldado em madeira, com dimensões precisas, de modo que os tubos permaneçam dentro do sistema a uma distância de 25 cm da lâmpada contida no refletor.

Os tubos de quartzo (e), utilizados nos dois reatores fotoquímicos, foram obtidos comercialmente (Metrohm) e possuem dimensões de 12,5 cm de comprimento e 1,5 cm de diâmetro interno, com capacidade máxima para 10 mL de amostra. Os dois sistemas operam em 220 V.



**Figura 1:** Representação esquemática dos sistemas de irradiação UV desenvolvidos: (A) reator com fonte de radiação lâmpada de Hg; (a) lâmpada de Hg (80 W); (b) caixa de madeira revestida com papel alumínio; (c) cooler; (d) suporte para os tubos de quartzo; (e) tubos de quartzo; (B) reator com fonte de irradiação lâmpada de Xe; (f) lâmpada de Xe (150W); (g) projetor; (h) caixa de madeira revestida com papel alumínio; (i) cooler; (j) suporte para os tubos de quartzo.

### Reagentes e soluções

Todas as soluções foram preparadas com água ultrapura, destilada e deionizada em sistema Milli Q (Millipore) e todos os reagentes utilizados foram de grau analítico. As soluções padrão 16 a 75  $\mu\text{mol L}^{-1}$  dos antioxidantes ácido ascórbico, rutina, quercitina e fisetina (Sigma-Aldrich) foram preparadas em solvente hidroetanólico 50 % (v/v). O peróxido de hidrogênio 30 % (v/v) foi obtido da Vetec. As soluções foram armazenadas a 4 °C e ao abrigo da luz.



## PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

O estudo desenvolvido utilizou 60 mL de solução de cada antioxidante, distribuídos em 6 tubos de quartzo (10 mL) em ensaios com duração total de 1 hora, sendo que a cada 10 minutos uma solução foi analisada no espectrofotômetro, após 10 minutos da retirada do reator, para não haver influência da temperatura na medida analítica.

Neste trabalho, foram estudadas as espécies antioxidantes rutina, quercitina e fisetina. Os espectros de absorção molecular no UV-VIS destas espécies foram obtidos em duas bandas de absorção de cada composto. entre 200 e 800 nm, onde 360, 374, 364 nm foram os comprimentos de onda utilizados para a análise dos decaimentos da rutina, quercitina e fisetina, respectivamente.

Os primeiros ensaios foram realizados somente com a solução de cada antioxidante para a investigação da influência da ação da fotólise direta sobre os compostos polifenólicos. Da mesma forma, foi investigada a ação do peróxido de hidrogênio frente a solução de cada antioxidante, sem a incidência de irradiação UV. Os ensaios subsequentes foram realizados com adição de diferentes concentrações de peróxido de hidrogênio nas soluções padrão (0,29 a 2,90 mmol L<sup>-1</sup>), totalizando 7 ensaios para cada antioxidante polifenólico.

A contribuição da fotólise direta ( $A_{UV}$ ) das espécies antioxidantes foi descontada das absorvâncias medidas nos ensaios de fotólise com adições de peróxido de hidrogênio ( $A_{UV+H_2O_2}$ ), para a análise percentual do decaimento do sinal de absorvância para cada antioxidante conforme a equação:

$$\text{Decaimento do sinal (\%)} = [1 - (A_{UV} - A_{UV+H_2O_2})] \times 100$$

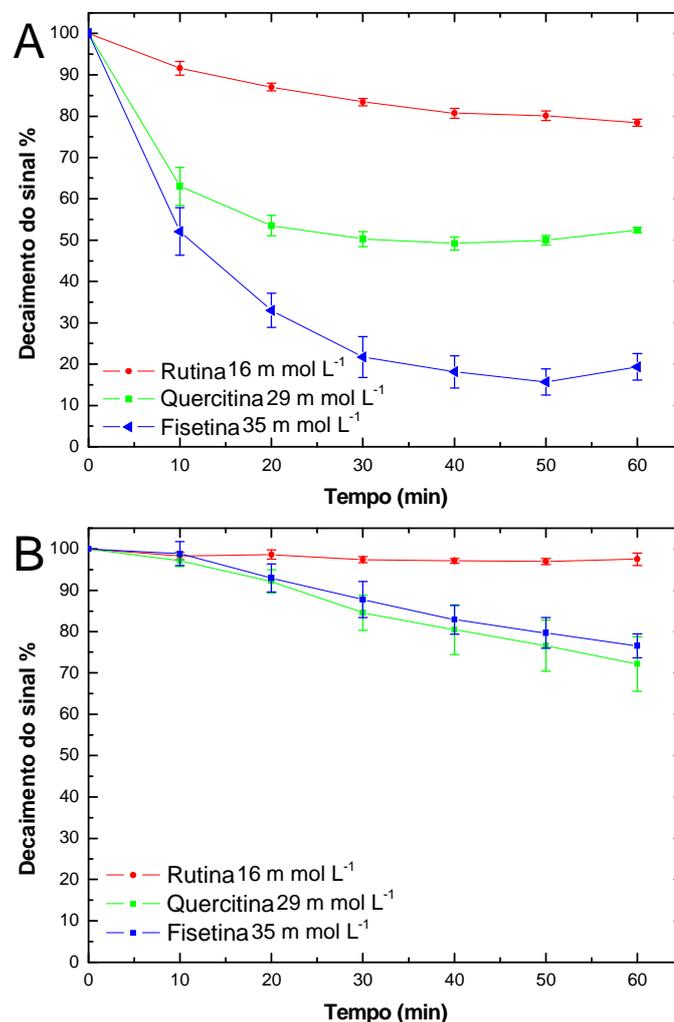
onde,  $A_{UV}$  é a absorvância medida após a fotólise direta do antioxidante e  $A_{UV+H_2O_2}$  é a absorvância medida após a fotólise do peróxido de hidrogênio na presença do antioxidante em estudo.

O princípio do método proposto baseia-se, portanto, na reação pura entre o radical  $\bullet OH$ , gerado artificialmente pela fotólise do peróxido de hidrogênio, e o composto antioxidante em estudo.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os ensaios realizados para investigação da fotodegradação por ação da fotólise direta, ou seja, sem adição de  $H_2O_2$  como precursor radicalar sobre os compostos polifenólicos, demonstraram que as espécies antioxidantes são relativamente fotoestáveis, nas condições empregadas. Isso pode ser explicado por dois fatores: a baixa potência das lâmpadas utilizadas e a comparação dos espectros das lâmpadas de Hg e Xe com os espectros dos compostos polifenólicos estudados. Esta comparação evidencia a não coincidência das bandas de absorção dos antioxidantes com as raiais majoritárias de emissão da lâmpada de Hg, de emissão policromática, e as bandas de emissão da lâmpada de xenônio (Golimowski e Golimowska; Gaudin et al; Sansonetti et al). A tabela 1 mostra as regiões de máxima emissão das lâmpadas de Hg e Xe empregadas neste trabalho. Já no estudo da interação direta do antioxidante com o  $H_2O_2$  sem incidência da radiação de Hg e Xe, não foi observado o decaimento de absorvância para os antioxidantes em estudo, uma vez que sem a influência da radiação não ocorre a fotólise do  $H_2O_2$  para a formação do radical  $\bullet OH$ .

O estudo da ação anti-radicalar dos antioxidantes com adições de diferentes concentrações de  $H_2O_2$  na faixa de 0,29 a 2,90 mmol L<sup>-1</sup> demonstrou que a concentração de  $H_2O_2$  não altera o decaimento observado para os compostos polifenólicos durante 1 hora de irradiação. Os pequenos desvios observados nos decaimentos da figura 2 comprovam este efeito. Tal resultado pode ser explicado pelo fato de que a potência da lâmpada é o limitante na geração de radical  $\bullet OH$ . Ou seja, a baixa radiação emitida pelas lâmpadas de Hg (80W) e Xe (150W) não fotolisa todo o  $H_2O_2$  adicionado ao meio. Como pode ser observado na Figura 2, no reator fotoquímico com a fonte de radiação lâmpada de Hg o percentual de decaimento do sinal de absorvância foi mais acentuado do que no reator com fonte de radiação lâmpada de Xe.



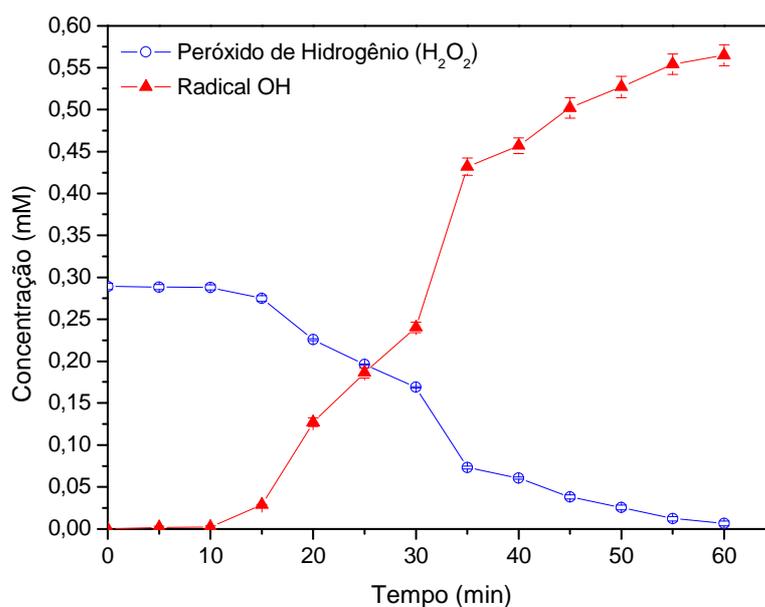
**Figura 2:** Estudo do decaimento do sinal de absorvância das espécies antioxidantes rutina, quercitina e fisetina: (A) reator com fonte de lâmpada de Hg; (B) reator com fonte de radiação lâmpada de Xe;  $[H_2O_2]$  entre 0,29 e 2,90 mmol L<sup>-1</sup>.

Este fato pode ser explicado pelas linhas espectrais de emissão de alta intensidade da lâmpada de Hg (Tabela 1) que coincidem com os comprimentos de onda de máxima absorção do  $H_2O_2$  (190 a 225 nm). Já a lâmpada de Xe apresenta uma banda espectral de emissão (Tabela 1) que difere do comprimento de onda de máxima absorção do  $H_2O_2$ . Portanto, o rendimento quântico da lâmpada de Hg é maior do que o da lâmpada de Xe na geração de radicais  $\bullet OH$ . (Golimowski e Golimowska; Gaudin et al; Sansonetti et al; Klöpffer e Kohl).

**Tabela 1:** Comprimentos de onda (nm) de maior intensidade de emissão das fontes de radiação de lâmpada de Hg e Xe.<sup>6,7,8</sup>

Fonte de radiação	Comprimento de onda (nm) de emissão com maior intensidade
Hg	190, 254, 365, 546, 579
Xe	400-550, 750-1100

A Figura 3 mostra o aumento da concentração de radical HO•, calculada a partir da concentração de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> disponível, no reator de Hg com o aumento do tempo de irradiação da solução de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 0,29 mmol.L<sup>-1</sup>.



**Figura 3:** Quantificação da geração do radical HO• e fotodecomposição do H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> frente à fotólise no reator fotoquímico com fonte radiação de Hg (80 W); [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>]<sub>inicial</sub> de 0,29 mmol L<sup>-1</sup>.

De acordo com os resultados observados na figura 2, a construção dos reatores fotoquímicos com lâmpadas de baixa potência possibilita um estudo quantitativo da atividade anti-radicalar dos compostos polifenólicos rutina, quercitina e fisetina, onde a rutina demonstrou uma maior eficiência no combate ao radical •OH, seguida da quercitina e da fisetina. A maior ação anti-radicalar da rutina pode ser observada na figura 2, devido ao seu menor decaimento do sinal de absorvância frente às mesmas



concentrações de radical  $\bullet\text{OH}$  (0,29 a 2,90 mmol L<sup>-1</sup>) e tempo de irradiação, em comparação aos outros compostos antioxidantes estudados.

## CONCLUSÕES

Os reatores desenvolvidos possibilitam o estudo da atividade anti-radicalar de espécies antioxidantes na medida em que proporciona o acompanhamento cinético da reação entre o radical  $\bullet\text{OH}$  gerado pela fotodecomposição do  $\text{H}_2\text{O}_2$  e os compostos antioxidantes.

O sistema pode ser empregado para o estudo da cinética de reação do radical  $\bullet\text{OH}$  com compostos antioxidantes e o cálculo das constantes de reação para cada composto. Da mesma forma, o estudo “*in vitro*” da interação entre radicais  $\bullet\text{OH}$  e extratos de plantas com caráter antioxidante pode ser realizado pelo método proposto. Estudos quantitativos envolvendo a cinética de reação de radicais  $\bullet\text{OH}$  e compostos polifenólicos e extratos de plantas medicinais estão em andamento em nosso grupo de pesquisa e serão publicados posteriormente.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq (processo 478215/2007-0) e à CAPES (PROCAD 098/2007) pelos auxílios e bolsas concedidas.

## REFERÊNCIAS

Sousa, C. M. M.; Silva, H. R., Vieira-Jr, G. M.; Ayres, M. C. C.; Costa, C. L. S.; Araújo, D. S.; Cavalcante, L. C. D.; Barros, E. D. S., Araújo, P. B. M.; Brandão, M. S.; Chaves, M. H.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 351.

Bianchi, M. L. P.; Antunes, L. M. G.; *Rev. Nutr.* **1999**, *12*, 123.



Valko, M.; Leibfritz, D.; Moncol, J.; Cronin, M. T D.; Mazur, M.; Telser, J. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* **2007**, *39*, 44.

Carvalho, L. M.; Spengler, C.; Garmatz, J. C.; Nascimento, P. C.; Bohrer, D.; Del-Fabro, L.; Radis, G.; Bolli, A. A.; Garcia, S. C.; Moro, A. M.; Rosa, M. B.; *Quim. Nova* **2008**, *31*, 1336.

Campos, M. L. A. M.; Mello, L. C.; Zanette, D. R.; Sierra, M. M. S.; Bendo A.; *Quim. Nova* **2001**, *24*, 257

Golimowski, J.; Golimowska, K. *Anal. Chim. Acta* **1996**, *325*, 111.

Gaudin, K.; Baillet, A., Chaminade, P. *Anal. Bioanal. Chem.* **2006**, *384*, 1302.

Sansonetti, C. J.; Salit, M. L.; Reader, J. *Appl. Opt.* **1996**, *35*, 74.

Soares, M.; Welter, L.; Gonzaga, L.; Lima, A.; Mancini-Filho, J.; Fett, R.; *Ciênc. Tecnol. Aliment.* **2008**, *28*, 727.

Scholz, F.; González, G. L. L.; Carvalho, L. M.; Hilgemann, M.; Brainina, K. Z.; Kahlert, H.; Jack, R. S.; Minh, D. T. *Angew. Chem. Int. Ed.* **2007**, *46*, 8079.

Klöppfer, W.; Kohl, E. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **1991**, *22*, 67.

## **RACIONALIZAÇÃO DA CURVA DE DEMANDA TÉRMICA DE UMA CÂMARA DE ESTOCAGEM DE ALIMENTOS OPERADA COM FLUIDO SECUNDÁRIO TERMOACUMULADO**

**Juliano José Fiori**

[fiorijuliano@hotmail.com](mailto:fiorijuliano@hotmail.com)

Faculdade de Engenharia de Alimentos, DEA – Departamento de Engenharia de Alimentos – UNICAMP.

**Vivaldo Silveira Junior**

Faculdade de Engenharia Química, DESQ – Departamento de Engenharia de Sistemas Químicos – UNICAMP.

**Flávio Vasconcelos da Silva**

Faculdade de Engenharia Química, DESQ – Departamento de Engenharia de Sistemas Químicos – UNICAMP.

### **RESUMO**

A refrigeração destaca-se como sendo grande consumidora de energia elétrica, devido principalmente aos compressores. Durante o horário de ponta, há a possibilidade dos compressores serem desligados, utilizando a energia a baixa temperatura que foi termoacumulada durante o período fora de ponta, podendo resultar em investimento fixo e custo variável menores. Neste trabalho, estudou-se a curva típica de carga térmica de uma câmara fria e construiu-se uma instalação de fluido secundário de um sistema de resfriamento, adequando-se demais equipamentos. Os ensaios realizados mostraram que o sistema mantém a temperatura da câmara abaixo de 5 °C, durante o horário de ponta.

**Palavras-chave:** Refrigeração, Termoacumulação, Calor sensível, Propileno glicol.

### **ABSTRACT**

Refrigeration stands out as being a great energy consumer, mainly due to its compressors. During the peak time, refrigeration systems could be turned off, and the energy that was thermally stored during the off-peak period could be used, which could result in lower fixed investment and lower variable costs. In this work, the typical thermal load curve of a cold chamber was studied and a secondary fluid chiller system was set up, adapting other equipments. The tests demonstrated that the system maintains the chamber temperature below 5 °C during the peak hours.

**Keywords:** Refrigeration, Threms storage, sensible heat, Propylene glycol.

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é uma preocupação mundial a utilização racional da energia, seja ela de fontes renováveis ou não. A energia elétrica figura como sendo um requisito básico da sobrevivência humana, sendo exaustivamente utilizada e muitas vezes, desperdiçada.

Os equipamentos de refrigeração possuem uma importante aplicação na indústria de alimentos e setores dos quais dela dependem, tais como entrepostos, centros de distribuição, supermercados e o consumidor final. Sem a refrigeração e a manutenção da cadeia do frio, muitos alimentos não suportariam toda a rede logística, impossibilitando seu consumo, onerando custos e aumentando desperdícios. Além disso, em muitas indústrias e supermercados os sistemas de refrigeração contribuem com o maior consumo energético da empresa.

O horário de ponta (ou de pico) é definido como o período compreendido entre 18:00 e 21:00 na maioria das regiões nacionais, onde o consumo de energia elétrica é muito mais alto do que nos outros horários, porque estão funcionando ao mesmo tempo, além das fábricas, a iluminação pública e residencial, vários eletrodomésticos e a maioria dos chuveiros residenciais.

A variação da rotação do compressor é, energeticamente, o meio mais eficiente para controlar a capacidade de refrigeração de um sistema. Nesse caso, a capacidade de refrigeração ajusta-se à carga térmica. Em condições de baixa carga térmica, por exemplo, o compressor reduz a rotação e conseqüentemente a capacidade de refrigeração, minimizando assim a frequência de ciclagem. A consequência direta disso é um aumento do coeficiente de performance (COP) e uma redução do consumo de energia do compressor (Qureshi and Tassou, 1996).

Uma estratégia interessante para racionalização de energia em sistemas frigoríficos é a termoacumulação, definida como sendo um sistema convencional de refrigeração que estoca energia térmica à baixa temperatura em gelo, água gelada ou algum outro material. Essa estratégia tem como objetivo a racionalização da demanda elétrica no período de ponta, através do deslocamento de carga de resfriamento para períodos fora de ponta, nos quais a tarifa elétrica é menor (Wulfinghoff, 1999).

De acordo com MacCracken (2004), o resfriamento de líquido em períodos fora de ponta utiliza eletricidade de baixo custo, a qual possui geração mais eficiente e limpa, claramente podendo ser qualificada como uma tecnologia verde.

Bancos de gelo ou outros sistemas e termoacumulação não só podem reduzir até pela metade os custos operacionais, como também podem diminuir substancialmente o desembolso de capitais, quando os sistemas são adequadamente projetados para novos edifícios comerciais e industriais. Como regra geral, a capacidade do compressor ou *chiller* de um sistema de estocagem parcial pode ser dimensionada para 60% da carga necessária no pico de capacidade frigorífica (Gatley, 1987).

Nos sistemas de armazenagem parcial, o *chiller* opera continuamente, armazenado energia durante os períodos de menor requerimento e, durante o horário de ponta, permanece desligado, reduzindo a incidência da tarifa de ponta da demanda e consumo.

Um dos maiores mitos da utilização da tecnologia de termoacumulação diz respeito aos custos de instalação. Supostamente, uma unidade de termoacumulação requer maior quantidade de equipamentos, devido a instalação de um tanque termoacumulador. O que MacCracken (2004) prova não ser verdade, pois, segundo o autor, em muitas aplicações, o *chiller* pode ser dimensionado com 40 a 50 % de redução. De acordo com o estudo econômico realizado pelo autor, o sistema com termoacumulação apresenta um investimento fixo inicial cerca de 1 % menor em relação a um tradicional.

Outra afirmação recorrente é que sistemas de termoacumulação não economizam energia. De fato, a economia energética pode ou não ocorrer na unidade instalada, mas certamente ela ocorrerá na geração, isto é, nas usinas e centrais de distribuição (MacCracken, 2004). Na realidade a distribuição consiste no fator econômico mais importante. No horário de ponta, onde a demanda aumenta sensivelmente, os cabos de distribuição poderiam não suportar o excesso, uma vez que o diâmetro com que foram construídos é fixo. A racionalização da demanda através do deslocamento de carga para os períodos fora de ponta é um aspecto bastante vantajoso para as empresas distribuidoras de energia.

Uma desvantagem dos sistemas de bancos de gelo comparado a *chillers* é que menores temperaturas de evaporação precisam ser empregadas, o que resulta em redução no COP, aumentando o uso de energia elétrica por unidade de efeito frigorífico (Finer et al., 1993).

O etileno glicol é comumente aplicado como fluido secundário, embora outros refrigerantes possam ser utilizados, como, por exemplo, o propileno glicol. Esse último produz soluções mais viscosas na mesma concentração, se comparado ao primeiro. Essa propriedade resulta em maior custo de bombeamento quando se opera com propileno glicol. Uma grande vantagem desse, porém, é a inocuidade e possibilidade de uso em indústrias alimentícias.

A grande vantagem da utilização de fluidos secundários é a contenção do refrigerante primário (geralmente um clorofluorcarboneto CFC ou misturas destes) na unidade frigorífica, evitando a circulação por grandes comprimentos de tubulações, válvulas e conexões. Qualquer imperfeição na estrutura mecânica da tubulação pode provocar vazamento de refrigerante, acarretando problemas de efeito estufa e depleção da camada de ozônio, aliado aos custos de reposição.

Woolrich (1965) cita que nos sistemas de expansão direta não há a possibilidade de termocumular a energia. Assim, quando o compressor para, não há reserva de meio de transferência de calor que possa ser bombeado aos trocadores de calor para a manutenção da temperatura desejada.

Minea (2007) discute sobre a aplicação de sistemas com fluido secundário em supermercados, afirmando que os mesmos são montados com componentes padrão, sua operação e controle são relativamente simples e empregam menor quantidade de válvulas e acessórios. Entretanto, o conceito representa uma mudança tecnológica significativa, logo, sua utilização requer técnicos de refrigeração e operadores treinados.

Talvez uma grande dificuldade da substituição de fluidos primários pelos secundários no local de aplicação seja a menor transferência de calor que ocorre entre o fluido que está circulando no trocador de calor e o ar do interior da câmara. Os trocadores de calor aletados do tipo evaporador foram originalmente desenhados para a evaporação de um refrigerante. Dessa forma, o coeficiente de transferência de calor no lado do líquido é bastante alta. Entretanto, a utilização de um fluido secundário como meio de transferência de calor diminuirá as taxas de transferência, especialmente se o fluxo adquirido for laminar, o que é muito comum para fluidos secundários, devido a relativa alta viscosidade a baixas temperaturas (Stignor, 2007).

Assim, o objetivo deste trabalho foi de analisar uma curva típica de carga térmica para uma câmara de estocagem de produtos resfriados (temperatura acima de 0 °C), verificando a aplicabilidade e economia de energia vinculada à utilização de um sistema com fluido secundário e termoacumulação utilizando sensível.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

O trabalho prático foi iniciado estudando-se a carga térmica numa câmara de refrigeração (marca Moduloc Dânica<sup>®</sup>, dimensões externas de 1.750x2.100x2.450 mm, construída em painéis com revestimento em aço zincado pré-pintado na cor branca e núcleo

isolante de PUR (espuma de poliuretano), com retardante a chama (caracterizado como R-1, conforme a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT), na espessura de 70 mm. Unidade de refrigeração *plug-in*, marca Kit Frigor<sup>®</sup>, modelo KFN 100, que opera com R-22 em um compressor hermético, consumindo 1.200 W de potência elétrica), localizada internamente a um prédio, durante um período de 24 horas para que fosse possível dimensionar um tanque acumulador de energia térmica a baixa temperatura.

Paralelamente ao estudo teórico da carga térmica (método de cálculo do balanço de energia, o qual considera equações de balanço, dimensões, propriedades dos materiais, tempo de permanência útil no interior da câmara – pessoas, equipamentos e iluminação – e dados psicrométricos [Dossat, 2002]), dados reais do comportamento da temperatura externa e interna da câmara auxiliaram o cálculo prático da carga térmica, bem como a estimativa da capacidade do tanque de termoacumulação.

A carga térmica média de uma determinada aplicação pode ser estimada levando em consideração a capacidade frigorífica nominal do sistema de refrigeração multiplicado pelo tempo em que este ficou ligado durante o ensaio, de acordo com a Equação 1. Esta forma de cálculo foi chamada de cálculo prático da carga térmica.

$$Q_{Dia} = \dot{Q}_0 \sum_{i=0}^N \Delta t_i \quad (1)$$

onde  $Q_{Dia}$  é a quantidade de energia (kJ) utilizada durante o período de experimento,  $\dot{Q}_0$  é a capacidade frigorífica do equipamento e  $t$  é o tempo em que este permanece ligado.

Assim, a carga térmica média da aplicação pode ser obtida dividindo-se  $Q_{dia}$  pelo período total de tomada de dados.

Foi instalado um transdutor de corrente TNI Hartmann & Braun<sup>®</sup> na alimentação elétrica do sistema de refrigeração monobloco *plug-in* da câmara modulada. O dispositivo apresenta entrada de 0-5 A e saída de 0-5 mA. Como a câmara possui um consumo de aproximadamente 5,5 A, optou-se por adicionar um transformador de corrente, a fim de que o transdutor de corrente ficasse protegido. Instalou-se um transformador de corrente de barra, marca Kron<sup>®</sup>, modelo TCKR125, 10/5 A. A potência elétrica consumida foi calculada considerando-se uma tensão constante de alimentação de 220 V.

A temperatura externa foi monitorada através de registradores de dados compactos com diagnóstico em campo (*data loggers*) Testo<sup>®</sup> 175.

A temperatura interna da câmara e as temperaturas de entrada e saída foram medidas por sensores de temperatura tipo Pt100, montados a três fios e com terminação em termorresistência de platina CRZ 2005 classe B, de  $99,93 \Omega$  a  $0^\circ\text{C}$ , montada em substrato de cerâmica. Os foram calibrados fazendo-se uso de um banho termostático com circulação na faixa de  $-5$  a  $+50^\circ\text{C}$ , intervalos de  $5^\circ\text{C}$ , de acordo com as normas de medição de temperatura ANSI/ASHRAE 41.1 (ASHRAE, 1986). Utilizou-se solução de propileno glicol 37% (p/p) e comparação dos dados com termômetro padrão de mercúrio. Para a realização das leituras, aguardou-se a estabilização da temperatura do banho no valor desejado e a manutenção desta por um período de tempo suficiente para aquisição de pontos de dados.

Realizou-se a montagem de uma derivação em tubos de aço carbono de 1” de diâmetro nominal na linha de fluido secundário (solução de propileno glicol) da unidade frigorífica de resfriamento de líquido (*chiller*) previamente instalada até a câmara frigorífica, instalando um trocador de calor aletado com convecção forçada em seu interior, bem como todos os acessórios necessários. A linha foi isolada externamente com isolamento de espuma expandida Tubex<sup>®</sup> 10/35 de 9 mm de espessura.

Foi acrescido um reservatório de fibra de vidro com capacidade para 2.000 L de fluido, marca Fortlev<sup>®</sup>, instalado em uma plataforma de alvenaria localizada externamente. O reservatório foi isolado termicamente, em sua lateral, com duas camadas de espuma elastomérica AF/Armaflex<sup>®</sup>, de 19 mm de espessura cada. Isolação adicional para reflexão dos raios solares foi feita com filme de alumínio canelado de 0,35 mm de espessura. Sob sua base, foram acomodadas placas de cortiça de 25 mm de espessura, recobertas com plástico e lona de borracha para proteção contra umidade e transferência de calor com o piso. O reservatório é tampado com uma peça de mesmo material do corpo, face externa branca, sem isolamento.

O ensaio realizado com o sistema completo é caracterizado pela operação somente com fluido secundário e a unidade frigorífica desligada, testando a estratégia de operação com equipamento continuamente, evitando liga e desliga, de tal forma a racionalizar o consumo de energia e utilizar a energia excedente termoacumulada no horário de ponta, durante o qual o *chiller* também foi desligado.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

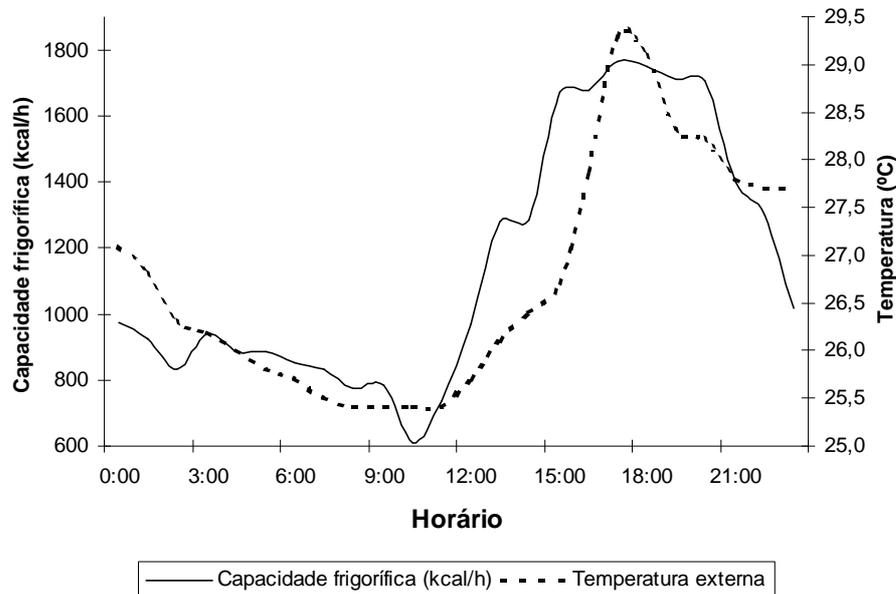
#### 3.1 AVALIAÇÃO DA CARGA TÉRMICA E DEMONSTRAÇÃO DA OCIOSIDADE DA APLICAÇÃO

O sistema de refrigeração original da câmara é uma unidade frigorífica *plug-in* de 1,2 kW de potência nominal (demanda elétrica) e capacidade nominal de 1.878 kcal/h (conforme catálogo do equipamento). O cálculo teórico com todas as suas considerações mostrou que a carga térmica a ser suprida é de 0,9 kW (ou 760 kcal/h), portanto menor que o dado do catálogo, mostrando um possível superdimensionamento para a câmara de estocagem. Assim, a manutenção da temperatura interna é feita por ciclos de acionamentos e desligamentos (controle liga-desliga), indicando que o sistema opera com parte da capacidade frigorífica ociosa.

Com a câmara de estocagem fechada, não considerando as perturbações na carga térmica mas apenas a transmissão como o fator mais importante, então, a temperatura do ar externo tem grande influência na quantidade de calor trocado através das paredes da câmara. Apesar da temperatura interna da câmara não ser exatamente constante, pode-se fazer essa consideração para uma faixa de valores, já que a variação que ela sofre é aproximadamente desprezível. A partir dos dados obtidos e tratados, considerando-se os períodos ligados e desligados e a capacidade frigorífica da unidade frigorífica *plug-in* dada em catálogo, calcula-se a média da capacidade frigorífica como se o sistema estivesse operando a uma capacidade constante dentro de um intervalo especificado. Nos casos estudados, utilizou-se o período de uma hora e graficou-se 24 pontos (das 24 horas do dia), que são mostrados na Figura 1.

Assim, confirma-se a proposição de que a transmissão de calor é variável durante o dia e é diretamente proporcional à variação da diferença de temperatura entre o ambiente e a câmara. Além disso, quanto maior a temperatura externa, maior a troca de energia térmica (calor). Uma vez que a câmara fica localizada na parte interna de um prédio, a variação da temperatura externa é mais suave em relação a uma câmara instalada externamente.

Se o equipamento de refrigeração é dimensionado e instalado para suprir a carga térmica do período mais quente do dia (geralmente das 12:00 as 18:00), em outros períodos, ele operaria com capacidade ociosa. Se a potência elétrica nominal da unidade frigorífica *plug-in* é de 1,2 kW e essa consome em média, metade desse valor, conforme os dados coletados pelo transdutor de corrente, então, o equipamento já opera com capacidade ociosa.



**Figura 1:** Histórico da temperatura do ar externo durante o dia e da capacidade frigorífica relativa à carga térmica de transmissão.

Apesar de nenhum dado de pressão e temperatura do refrigerante primário da unidade frigorífica *plug-in* (R-22) haver sido coletado, pode-se supor que para manter a temperatura da câmara em 2 °C, a temperatura de evaporação foi de –3 °C. Desta forma, um novo sistema denominado “pseudo-chiller”, que seria um equipamento de mesma capacidade frigorífica que a unidade *plug-in*, deveria apresentar uma temperatura de evaporação menor, considerada –10 °C, para efeito de cálculo simulatório. Considerando uma temperatura de condensação de 40 °C, um superaquecimento de 6 °C e utilizando o *software* CoolPack<sup>®</sup>, pôde-se construir os ciclos frigoríficos e obteve-se os dados termodinâmicos.

Utilizando uma equação reduzida do balanço de energia, conforme mostrado na Equação 2, pode se encontrar a vazão mássica de refrigerante requerida para suprir a carga térmica da câmara, considerando uma operação a 100% da capacidade (1.878 kcal/h).

$$\dot{Q} = \dot{m}\Delta\hat{H} \quad (2)$$

onde  $\dot{Q}$  é a capacidade frigorífica da unidade frigorífica *plug-in* (1.878 kcal/h, conforme catálogo);  $\dot{m}$  é a vazão mássica de refrigerante (kg/s) e  $\Delta\hat{H}$  é a variação de entalpia de evaporação (kJ/kg).

Assim:

$$\dot{Q} = \dot{m}\Delta\hat{H}$$

$$1.878 \frac{\text{kcal}}{\text{h}} \frac{1\text{h}}{3.600\text{s}} \frac{4,184\text{kJ}}{1\text{kcal}} = \dot{m} 158,8 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\dot{m} = 0,014 \text{ kg} / \text{s}$$

Utilizando a Equação 3, estimou-se o deslocamento volumétrico para as condições consideradas (temperatura de evaporação  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , temperatura de condensação  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  e capacidade frigorífica de  $1.878\text{ kcal/h}$ ).

$$\dot{V} = v\dot{m} \quad (3)$$

onde  $\dot{V}$  é o deslocamento volumétrico de refrigerante ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) e  $v$  é o volume específico do refrigerante ( $\text{m}^3/\text{kg}$ ).

Então:

$$\dot{V} = 0,053 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} 0,014 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

$$\dot{V} = 7,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

Considerando que o mesmo equipamento resfriando primeiramente o fluido secundário, com as condições operacionais de temperatura de evaporação  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  e temperatura de condensação  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , e que o deslocamento volumétrico útil de refrigerante seja igual em ambos os casos, pode-se estimar que a redução da capacidade frigorífica foi de 22 %, aproximadamente.

Dados do ciclo com redução na temperatura de evaporação:

$$v = 0,067 \text{ m}^3 / \text{kg}$$

$$\Delta\hat{H} = 156,0 \text{ kJ} / \text{kg}$$

$$\dot{Q} = \frac{\dot{V}}{v} \Delta\hat{H}$$

$$\dot{Q} = \frac{7,35 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}{0,067 \text{ m}^3 / \text{kg}} 156,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} = 0,011 \frac{\text{kg}}{\text{s}} 156,0 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

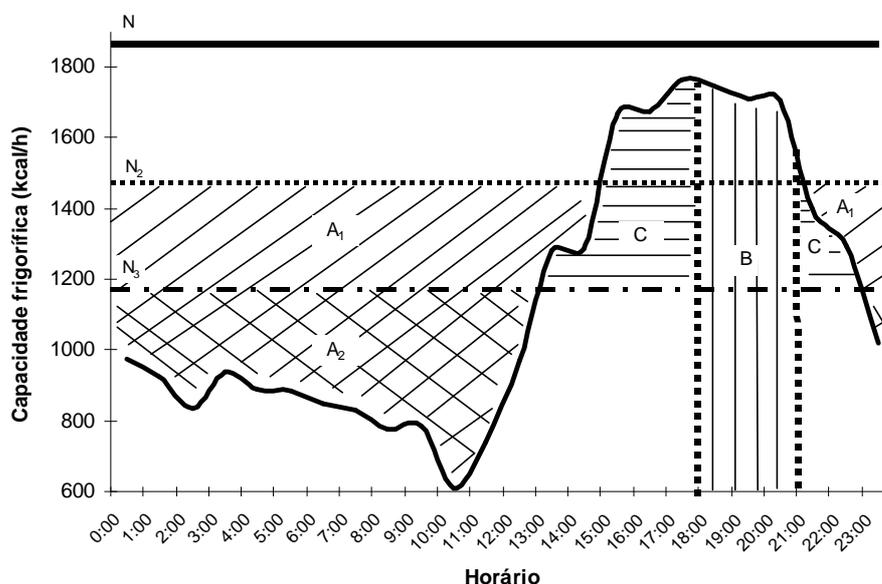
$$\dot{Q} = 1.470 \text{ kcal} / \text{h}$$

Assim, o ciclo de refrigeração para o resfriamento de fluido secundário, reduziu sua capacidade frigorífica em 22 %.

$$\% \text{ redução} = \frac{Q_{-3^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}} - Q_{-10^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}}}{Q_{-3^{\circ}\text{C}/+40^{\circ}\text{C}}} \cdot 100 = \frac{1.878 - 1.470}{1.878} \cdot 100 = 22 \%$$

Fazendo uma analogia com a Figura 1, agora considerando a capacidade frigorífica variável para a aplicação, obtém-se o diagrama da Figura 2.

Considerando a hipótese de que a aplicação tenha sido dimensionada para a potência nominal  $N$  da Figura 2 e se fosse utilizado o mesmo sistema de refrigeração para um segundo, operando com fluido secundário, no qual é necessária a redução da temperatura de evaporação do fluido primário e conseqüentemente uma diminuição da capacidade frigorífica nominal para um valor abaixo da nominal, ou seja  $N_2$ , então a energia excedente diária,  $E_A$ , (dada pela área  $A_1$ , área sob a linha  $N_2$  e sobre a curva de potência modulada elétrica) seria suficiente para que não houvesse operação no horário de ponta, uma vez que o estoque de energia à baixa temperatura seria sobressuficiente para a demanda térmica no período de ponta e em outros períodos, com um consumo de energia dado pela área  $B$ , ou seja,  $E_{A1} > E_B$ .



**Figura 2:** Histórico da capacidade frigorífica relativa à carga térmica de transmissão (kcal/h).

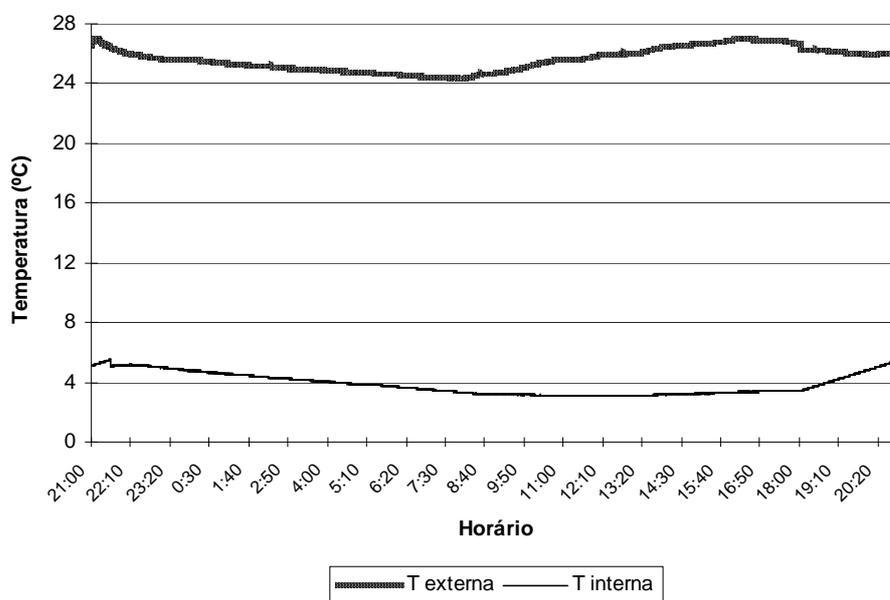
Em adição, é possível pressupor que para um dimensionamento racional da aplicação, seria possível dimensionar um sistema de refrigeração com capacidade frigorífica ainda menor ( $N_3$ ), com o propósito de que a energia excedente  $A_2$ , suprisse as necessidades de  $B$  e  $C$ .

### 3.2 COMPROVAÇÃO DA POSSIBILIDADE DE OPERAÇÃO RACIONALIZADA, UTILIZANDO ENERGIA TERMOACUMULADA EM CARGA PARCIAL

Como a capacidade de 2.000 kg de propileno glicol do tanque que foi instalada não comportaria uma estratégia de carga total (12 h de operação noturna de termoacumulação para 12 h de descarregamento), o teste foi realizado apenas para a estratégia parcial, com descarregamento no horário de ponta, no qual a tarifa elétrica é maior.

Partindo-se da câmara já resfriada, com a estabilização da temperatura, verifica-se que a operação com fluido secundário mantém a temperatura da câmara abaixo de 5 °C, indicando que a estratégia de termoacumulação sensível em carga parcial pode apresentar um bom desempenho quando operada continuamente, isto é, com o compressor ligado em período fora de ponta, alimentando o trocador de calor da câmara e a energia excedente sendo termoacumulada no tanque, para ser descarregada no período de tarifa elétrica maior, como é o caso do período de ponta.

Tendo essa última resposta favorável, o teste apresentou o histórico de temperatura mostrado na Figura 3.



**Figura 3:** Histórico de temperatura externa e interna da câmara durante o período completo do teste (operação somente com fluido secundário e descarregamento de energia termoacumulada em estratégia de carga parcial).

Quando o sistema opera em regime contínuo, como é o caso alcançado durante a coleta de dados para o teste, a temperatura interna da câmara é mantida aproximadamente constante durante as 24 horas, que tem início as 21:00 de um dia. Essa convenção é devido ao *chiller* estar operando a partir das 21:00 do dia anterior até as 18:00 do dia seguinte, ficando desligado nas três horas de ponta (18:00 as 21:00). Durante o horário de ponta, a temperatura da câmara, que estava em 3,5 °C, atinge um máximo de 5,5 °C exatamente no tempo final de descarregamento. Com o reacionamento do *chiller*, a temperatura tende a cair novamente, reiniciando mais um ciclo de operação.

#### 4. CONCLUSÃO

Tomando-se como objeto de estudo uma câmara de estocagem frigorificada localizada em ambiente interno e analisando a variação de sua carga térmica durante o dia, bem como a comparação desses dados com valores calculados de forma tanto teórica (método clássico) quanto prática e aliando essas realidades aos dados de catálogo da unidade frigorífica *plug-in* instalada, pode-se inferir que o sistema instalado apresenta superdimensionamento para a aplicação estudada. Esse fato é bastante evidenciado pelo constante acionamento e desacionamento da unidade.

Sendo assim, existe uma ociosidade de operação para os sistemas com fluido primário em que não há possibilidade de termocumular a energia. Aliado a esse fato, o sistema necessita operar no horário de ponta, no qual a tarifa elétrica é maior.

Partindo desse pressuposto, uma instalação com fluido secundário, como a que foi construída resultaria em melhor utilização da energia elétrica e térmica, mantendo uma reserva dessa última nos períodos do dia em que é mais vantajoso economicamente fazer uso reduzido da primeira, isto é, mantendo o compressor desligado.

O estudo realizado nas curvas de demanda considerando o equipamento com redução de capacidade em relação a um previamente dimensionado (*pseudo-chiller*) mostram claramente que um sistema operado continuamente em sua capacidade máxima e termoacumulando a energia excedente pode resultar numa melhor distribuição do consumo de energia elétrica durante o dia, resultando em economia financeira, já que as tarifas empregadas em horário de ponta são maiores que nos outros períodos do dia.

## AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer ao CNPq pelo apoio financeiro.

## 5. REFERÊNCIAS

ASHRAE, ANSI/ASHRAE 41.1. **Standard method for temperature measurement**, 1986.

COOLPACK. **A Collection of Simulation Tools for Refrigeration**. Technical University of Denmark – Department of Mechanical Engineering, free software, v 1.46, 2000, Disponível em: <<http://www.et.dtu.dk/CoolPack>>.

DOSSAT, R. J. **Principles of refrigeration**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2002.

FINER, S. I., CLELAND, A. C., LOVATT, S. J. Simple mathematical model for predicting the transient behaviour of an ice-bank system. **Int. J. Refrig.**, 16 (5), 312-320, 1993.

GATLEY, D. P. Cooling thermal storage. **Heat. Pip. Air Cond.**, 59 (4), 73-83, 1987.

MACCRACKEN, M. M. Thermal energy storage myths. **Energy Eng.**, 101 (4), 69-80, 2004.

MINEA, V. Supermarket refrigeration system with completely secondary loops. **ASHRAE J.**, 49 (9), 40-56, 2007.

QURESHI, T. Q., TASSOU, S. A. Variable-speed capacity control in refrigeration systems. **Appl Therm. Eng.**, 16 (2), 103-113, 1996.

STIGNOR, C. H., SUNDÉN, B., FAHLÉN, P. Liquid side heat transfer and pressure drop in finned-tube cooling-coils operated with secondary refrigerants. **Int. J. Refrig.**, 30 (7), 1278-1289, 2007.

WOOLRICH, W. R. **Secondary refrigerants**, in: Handbook of Refrigeration Engineering, v 1, Fundamentals, 4th ed, The AVI Publishing Co., Westport, 1965.

WULFINGHOFF,. D. R. **Energy efficiency manual**, Wheaton: Energy Institute, 1999.



## INTEGRAÇÃO DE SISTEMAS DE REDES SOCIAIS USANDO WEB SERVICES: UMA ABORDAGEM À INTEROPERABILIDADE

Fernando Oliveira Borges

Universidade Cruzeiro do Sul

Prof. Dr. Juliano Schimiguel

[schimiguel@gmail.com](mailto:schimiguel@gmail.com)

Centro Universitário Padre Anchieta, Universidade Cruzeiro do Sul

### Resumo

Nos últimos anos, o termo *Web Service* tem chamado a atenção no mercado. O desenvolvimento para integrar sistemas com a utilização de serviços web tem tido bastante incentivo diante dos avanços tecnológicos das ferramentas e tecnologias que apóiam os serviços web. Com base neste contexto, este artigo apresenta uma abordagem a relevância da tecnologia de *Web Services* como solução para integração de sistemas heterogêneos por meio da interoperabilidade e nesse sentido apresentará o desenvolvimento de uma aplicação de suporte a interação de sistemas de redes sociais, possibilitando a integração e a utilização de serviços de colaboração para a comunicação na WEB.

**Palavras-chave:** Interoperabilidade. Web Service. Redes Sociais. Internet

### Abstract

In recent years the term *Web Service* has drawn attention in the market. The development to integrate systems with the use of web services has been very encouraging in the face of technological tools and technologies that support Web services. Based on this context, this article presents an approach to the relevance of *Web Services* technology as a solution for integration of heterogeneous systems through interoperability and accordingly submit the development of a support application interaction systems of social networks, enabling integration and use of collaboration services for communication on the web.

**Keywords:** Interoperability. Social Networks. Web Services. Internet

### Introdução

É real que o mundo em quase totalidade vivencia as facetas da economia globalizada. A já conhecida globalização da economia possui “braços extensos” que alcança a economia em si e conta com aparatos político; em seguida influencia o aspecto social e cultural de cada país.

Atualmente, o que se tem em voga são as transformações surgidas ao longo dos séculos remontando à revolução industrial e que tem conferido à sociedade um caráter tecnológico de informação que caminha a passos largos. A presença tecnológica constitui um estágio extremamente avançado com tendência dominante que define comportamentos e requer adequações da sociedade cotidianamente. Com a evolução do mundo, a era digital vem ocupando espaço na vida do homem, promovendo entre outros aspectos, a comunicação e a interação.

Já na última década do século XX, a popularidade da internet ganhou ainda mais espaço possibilitando que pessoas do mundo todo se interajam. A *internet* criou um mundo virtual que ultrapassa as barreiras de tempo e distância geográfica ao permitir que interação em tempo real não apenas em termos sociais, mas inclusive transações comerciais.

Retomando o foco deste artigo é interessante ressaltar que na primeira década do século XXI, redes sociais tais como *Orkut, Twitter, Blogs, Flickr, Youtube* entre outros diversos, possibilitam cada vez mais que pessoas participem do sistema, onde elas podem comunicar interagir e relacionar-se com pessoas de qualquer parte do mundo. Há também uma grande quantidade de informações elaboradas pelos usuários, desde informações sociais, culturais, econômicas, políticas. Pessoas ou simplesmente internautas estão cada vez mais envolvidas pela *internet*, utilizando-a para diversas atividades, desde trabalho, lazer, estudos.

No contexto de tais tendências, este presente artigo visa proporcionar uma abordagem à utilização de *Web Services* como solução para a interoperabilidade entre sistemas heterogêneos em Redes Sociais.

### **Referencial Teórico**

No decorrer do século XX, progressos na tecnologia permitiram que todo o tipo de informação e comunicação possa ser agora realizado por pessoas em todos os lugares do mundo. Os avanços nos serviços de comunicações nos últimos anos possibilitaram o surgimento de várias tecnologias. Esse aspecto chamou atenção de muitos pesquisadores que resolveram abordar a temática que envolve internet, comunicação, sistemas de redes, *Web Services* entre outros. A seguir explana-se os principais trabalhos encontrados e utilizados no referencial teórico desta pesquisa.

Wilhelm de Araújo Rodrigues (2001) pesquisa sobre interoperabilidade entre serviços utilizando SOAP (Protocolo Simples de Acesso a Objeto). Em seu trabalho, apresenta algumas arquiteturas de objetos distribuídos, os protocolos de comunicação que utilizam além de apresentar o protocolo SOAP, com abordagem de maneira introdutória na arquitetura de desenvolvimento na

qual está inserido. Também ressalta seus recursos, indicando algumas das suas principais formas de utilização e expõe algumas das principais ferramentas de desenvolvimento utilizando SOAP.

José Alécio Carvalho (2003) abordou o uso desta metodologia durante o processo de desenvolvimento de uma integração entre dois sistemas com a utilização dos serviços web. Assim, ao discutir a importância de aplicação dos padrões de projeto em arquiteturas de softwares para integração com serviços web, para obter-se um sistema mais independente e flexível possível. O autor conclui que a aplicação desta metodologia proporciona a organização do processo de desenvolvimento de software para sistemas de integração com serviços web. Uma vez que a organização não se preocupará somente com o lado Fornecedor, mas também com o lado Utilizador dos serviços. Conclui também que com a utilização de padrões de projetos, pode-se arquitetar uma estrutura de software capaz de responder às freqüentes modificações de um sistema.

Carolina Frazon Terra (2006) versa sobre o impacto da comunicação digital nas organizações, isto é, estuda a comunicação digital, especialmente sobre os blogs<sup>1</sup>, como ferramenta de relacionamento direta entre a organização e seus públicos. A conclusão do trabalho destaca que a internet, em suas mais diversas formas (*Intranet*, *extranet*, serviço de atendimento ao cliente virtual, sala de imprensa, *blog*, *chat*, *podcasts*) apresenta-se como mais um instrumento de comunicação para as relações públicas. Afirma que os departamentos de relações públicas que estabelecem objetivos e avaliam os resultados de seus programas de comunicação possuem sucesso ainda maior na construção de relacionamento de longo prazo com seus públicos. Mais do que novas ferramentas, a internet faz parte de novos ambientes, onde passam a acontecer os encontros da empresa, instituição com seus públicos de interesse.

Diego Zuquim Guimarães Garcia (2007) visou compreender o modelo de serviços Web para apoiar a gerência de características não-funcionais para serviços Web. Ao final, o autor ponderou que a tecnologia de serviços Web oferece uma base adequada para implementar sistemas distribuídos e executar operações de negócio eletrônico dentro e através de fronteiras organizacionais. O modelo de serviços Web proposto foi parcialmente implementado e testado para verificar a aplicabilidade da abordagem. Os resultados demonstraram que a gerência de atributos de qualidade oferece um apoio adequado para aprimorar a descoberta de serviços Web.

Fábio Tomaz de Medeiros (2007) realizou um estudo sobre a tecnologia *Web Service*, focando mostrar a estrutura e funcionamento do mesmo demonstrando a interoperabilidade e integração com tecnologias distintas, utilizando J2ME para realizar a integração. Desse modo considerou que os *Web Services* podem ser considerados uma ótima opção para integração de sistemas.

Pedro Henrique de Oliveira Ruela (2008) apresentou um estudo sobre a tecnologia de Web Services, sua estrutura e seu funcionamento, fornecendo uma visão geral da Arquitetura de Web Services. Em seu estudo, o autor mostrou que por meio da implementação do protótipo coletou resultados esperados de um Web Service. A tecnologia Java possibilitou o desenvolvimento do serviço, junto a ferramentas de apoio como o web server Tomcat, o framework Axis entre outras ferramentas que apresentaram o conceito da criação dos arquivos XML. O autor concluiu que o Web Service é muito utilizado em aplicações do tipo business to business (B2B) devido à comunicação padronizada que possibilita a independência entre diferentes plataformas e linguagens de programação e que a utilização de Web Services significa sua implementação em arquiteturas orientada a serviços, as Services-Oriented Architectures (SOA).

Maria Aparecida Moura (2009) analisa o surgimento dos novos instrumentos de representação da informação em ambientes digitais. A autora realiza uma discussão teórica a respeito da articulação entre a Web 2.0, a interoperabilidade e as ferramentas ontológicas de representação e recuperação da informação; os repositórios on-line de percursos informacionais baseados em folksonomias, seguido de um estudo comparativo de suas características principais; um estudo da ferramenta *Google Trends* e sua potencialidade nos processos de elaboração de linguagens de indexação e bases ontológicas. Conclui que a experiência de apropriação e utilização dos instrumentos disponíveis na Web para fins de construção de ferramentas ontológicas mostrou-se válido dado à agilidade com que os recursos informacionais são disponibilizados, exigindo uma redução expressiva no *gap* estabelecido entre produção de conhecimento e a representação da informação.

Carlos Henrique Marcondes e Luís Fernando Sayão (2010) discorrem sobre integração e interoperabilidade no acesso a recursos informacionais eletrônicos em C&T com ênfase na proposta da Biblioteca Digital Brasileira. A conclusão do estudo aponta que a interoperabilidade entre recursos informacionais heterogêneos na Internet tem várias outras dimensões – semântica, política/humana, entre comunidades, internacional, interlinguística. Na atualidade, a comunicação científica é cada vez mais fortemente dependente das tecnologias de informação.

### **Metodologia**

A pesquisa foi elaborada tornando por base o caráter exploratório, onde o assunto a ser investigado, foi motivo de leituras de livros, revistas e pesquisas na *Internet*. Foi realizada pesquisa bibliográfica e estudo de caso.

A pesquisa bibliográfica, ou de fontes secundárias, segundo Lakatos (2002), abrange bibliografia já tornada pública em relação ao tema de estudo, artigos, livros, monografias, dissertações, teses. Quanto ao método o estudo de caso, segundo Yin (2004), representa uma maneira de se investigar um tópico empírico, seguindo um conjunto de procedimentos preestabelecidos.

## Resultados

A tecnologia *Web Service* surgiu no final da década de 90 com a finalidade de integrar sistemas desenvolvidos em diferentes plataformas. De acordo com Facunte, (2000, p.317), “o *Web Service* é um padrão não proprietário, que possibilita o processamento distribuído em sistemas heterogêneos.”

O *Web Service* é uma tecnologia emergente, sobre a qual muito se tem pesquisado. Alguns pesquisadores definem como o caminho a seguir no desenvolvimento de aplicações distribuídas, enquanto que outros vêm nelas apenas mais uma evolução de um conceito antigo. Um *Web Service* é uma aplicação de software que pode ser acessada remotamente usando diferentes linguagens baseadas em XML.

Para Graham e Simenov (2002) XML, SOAP, WSDL e UDDI são elementos fundamentais para implementar estruturas baseadas em *Web Services*. XML é o padrão para representação de dados, SOAP especifica a camada de transporte para envio de mensagens entre consumidor e provedor, WSDL descreve *Web Services* e UDDI é usado para registrar e pesquisar para *Web Services*.

Este artigo apresenta um sistema desenvolvido na arquitetura .Net utilizando a linguagem de programação orientada a objetos C#.Net para prover o consumo um serviço web existente.

Observando as diversas funções disponíveis na API do Twitter foi utilizado o padrão REST para o desenvolvimento, pois simplifica a maneira de trafegar e tratar os dados provenientes de um *Web Service*. O exemplo abaixo é o resultado de uma função da API do Twitter para visualizar a *timeline (twittes)* de um determinado usuário.

A construção do aplicativo cliente para o Twitter é baseado em sua API SDK, totalmente aberta e documentada.

A listagem 1, apresenta o exemplo de um Request Timeline, onde a API disponibiliza os 30 últimos *tweets* dos usuários seguidos pelo usuário TheMattHarris:

Listagem 1 - *Request Timeline*

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<feed xml:lang="en-US" xmlns:georss="http://www.georss.org/georss"
xmlns="http://www.w3.org/2005/Atom" xmlns:twitter="http://api.twitter.com">
  <title>Twitter / themattharris with friends</title>
  <id>tag:twitter.com,2007:Status</id>
  <link type="text/html" rel="alternate"
href="http://twitter.com/themattharris/with friends"/>
  <link type="application/atom+xml" rel="self"
href="https://api.twitter.com/1/statuses/home_timeline.atom?count=30"/>
  <updated>2010-07-16T17:11:41+00:00</updated>
  <subtitle>Twitter updates and retweets from Matt Harris / themattharris
and folks.</subtitle>
```

Na documentação do *Twitter*, encontram-se dezenas de exemplos desenvolvidos em diferentes linguagens de programação. A listagem 2 abaixo mostra o código de uma adaptação da linguagem PHP para linguagem C# (tecnologia .Net da Microsoft):

## Listagem 2 – Aplicativo desenvolvido em C#.Net

```
public void PostTwitterUpdate(string userName, string password, string
updateMessage)
{
    using (WebClient wc = new WebClient())
    {
        wc.Credentials = new NetworkCredential(userName, password);
        ServicePointManager.Expect100Continue = false;

        byte[] updateMessageBytes =
System.Text.Encoding.UTF8.GetBytes("status=" + updateMessage);

        wc.UploadData("http://twitter.com/statuses/update.xml",
updateMessageBytes);
    }
}
```

As variáveis *username* e *password* deverão conter os valores originais da conta do *Twitter* que fará o *post*.

Outra técnica observada para leitura de *Tweets* (mensagens postadas no *Twitter*) é a RSS. Segundo professor Msc. Fabricio Sanches (2010 i.e.), a utilização desta técnica não exige autenticação no servidor do *Twitter*, já que as mensagens são públicas.

Após definida a estrutura da página onde serão apresentados os *tweets*, serão apresentados os processos internos que farão a leitura e a exibição dos mesmos. Será utilizada a linguagem C# e os controles do ASP.NET para efetuar a exibição dos *tweets*.

No arquivo com a extensão *aspx.cs*, serão criados dois métodos: *GetTweet()* e *DateTime()*. Basicamente o que o método *GetTweet* fará é, como o próprio nome já diz, ler os *tweets* do arquivo XML gerado pelo *Twitter* do usuário e retornar uma string que é o *tweet* formatado. Já o método *DateTime*, retorna uma string com a Data e Hora do *tweet*. As Figuras 4 e 5 apresentam a implementação destes métodos:

Figura 3 - Métodos GetTweet()

```

public string GetTweets(string tweets)
{
    string newStr = null;
    tweets = tweets.Replace("&", "&");
    tweets = tweets.Replace("<", "<");
    tweets = tweets.Replace(">", ">");
    tweets = tweets.Replace("'", "");
    int count = tweets.Length;
    newStr = tweets.Substring(15, count - 15);
    int i = newStr.IndexOf("http://bit");
    if (i != -1)
    {
        string firstPart = newStr.Substring(0, i);
        int newStrLen = newStr.Length;
        int firstPartLen = firstPart.Length;
        int endPartLen = newStrLen - firstPartLen;
        string strUrl = newStr.Substring(i, endPartLen);
        strUrl = "<a class=\"LinkDataTwitts\" href=\"\">" + strUrl +
"</a>";
        newStr = firstPart + strUrl;
        return newStr;
    }
    else
    {
        return newStr;
    }
}
    
```

É importante adicionar o componente Repeater do ASP.NET.

Figura 4 – DateTime()

```

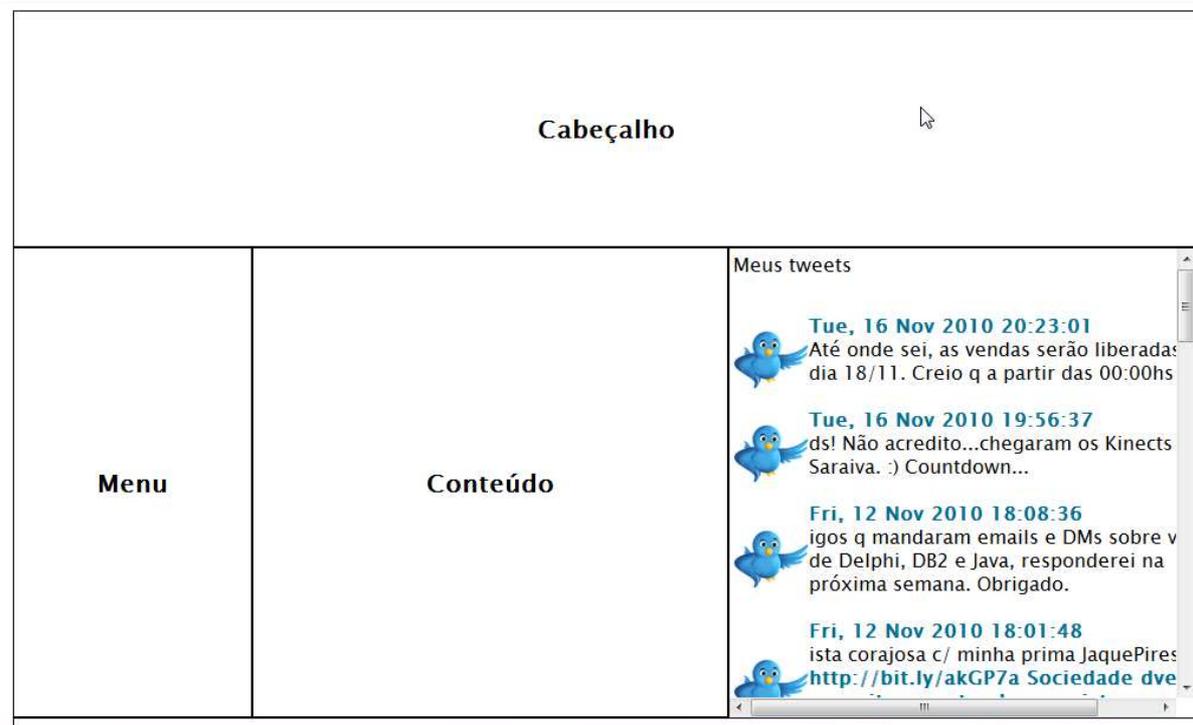
public string DateTime(string dateTime)
{
    int i = dateTime.IndexOf("+0000");
    return dateTime.Substring(0, i - 1);
}
    
```

Com a tabela pronta para exibir os *tweets*, pode-se então fazer uma chamada para os métodos *GetTweets* e *DateTime*, no método *Page\_Load* da página *.aspx.cs*, para carregar o RSS do usuário que se deseja exibir os *tweets*, para então exibir essas informações no HTML.

Basicamente o que a aplicação faz é carregar o RSS do usuário e fornecer estes dados como fonte para o *Repeater*, que neste exemplo, é chamado de *RepeaterTwitter* e, finalmente, será exibidas as informações na tabela criada para este propósito.

O resultado final do processo pode ser visto na Figura 5.

Figura 5 – Resultado do Experimento



## Discussão

No desenvolver da pesquisa, observamos que as redes sociais mudarão completamente a forma de como as pessoas se conectam, comunicam e colaboram, ou seja, de como se vive, aprende, trabalha e se diverte. Analisando historicamente o conceito, Muniz e O'Guinn, citado por Limeira (2003) revela que comunidade é o conceito central nas ciências sociais, podendo ser definida como uma rede de relações sociais, marcada por vínculos emocionais e de reciprocidade.

Diante desta nova modalidade de se comunicar, Safko e Brake (2009) afirmam que a mídia social refere-se às atividades, práticas e comportamentos entre as comunidades de pessoas que se

reúnem online para compartilhar conhecimentos, informações e pareceres usando meios de conversação.

As redes sociais tornaram-se parte integral da sociedade moderna. Aliás, é quase inimaginável hoje pensar numa empresa que queira desenvolver um relacionamento e uma proximidade com seu público-alvo, sem ter o seu espaço investido em mídias sociais. Essas mídias são aplicações baseadas na Web que permitem criar e transmitir facilmente o conteúdo na forma de palavras, imagens, vídeos e áudios.

A *Internet* possibilitou a criação de diversas comunidades sociais e a interação entre esses grupos vem sendo uma barreira a ser questionada devido a heterogeneidade de plataformas. Devido a isso, o desenvolvimento para integrar sistemas com a utilização de serviços web tem tido bastante incentivo diante dos avanços tecnológicos das ferramentas e tecnologias que apóiam os serviços web. Portanto, a idéia deste artigo foi desenvolver uma solução para integração de sistemas heterogêneos em redes sociais.

Nesse sentido foi apresentado o desenvolvimento de uma aplicação de suporte a interação de sistemas de redes sociais, possibilitando a integração e a utilização de serviços de colaboração para a comunicação na *WEB*, utilizando o modelo de *Web Services* para o desenvolvimento das funções de trocas de mensagens entre diferentes aplicações. O *Microsoft.NET Framework* foi utilizado para o desenvolvimento da aplicação através do *Visual Studio 2010*. O estudo apontou que na atualidade, os *Web Services* estão em destaque no mundo da computação e trata-se de uma tecnologia usada para administrar a interoperabilidade de sistemas heterogêneos, por utilizam padrões neutros, como o HTTP e XML, que oferecem acessibilidade invisível ao usuário os detalhes da implementação do serviço.

## **Conclusão**

A *Internet* é um dos maiores fenômenos tecnológicos existentes na atualidade. Pode-se afirmar que a *internet* do futuro já existe e que nos próximos anos será muito diferente de como a conhecemos hoje. A nova *Internet* mudará completamente a forma de como as pessoas se conectam, comunicam e colaboram, ou seja, de como se vive, aprende, trabalha e se diverte.

Uma grande relevância está no poder existente na arquitetura dos *Web Services* que, com sua implementação e infra-estrutura, é possível alavancar muitos dos recursos já existentes e funcionais na *Internet*, como protocolos de segurança e de transporte de pacotes, evitando assim a complexidade existente nos protocolos de outras tecnologias de sistemas distribuídos.



Os *Web Services* estão em destaque no mundo da computação distribuída como uma tecnologia usada para resolver problemas de interoperabilidade de sistemas heterogêneos, pois utilizam padrões neutros, como o *HTTP* e *XML*, que torna invisível ao usuário os detalhes da implementação do serviço. Com base nesse cenário, fez-se um estudo desta tecnologia visando o aspecto da interoperabilidade de sistemas e a aplicação deste contexto na integração de sistemas de redes sociais, usando neste exemplo a interação com o *Twitter*, que hoje tem se mostrado uma ferramenta importante e presente e com um crescimento acelerado na vida de usuários do mundo inteiro.

#### Referências

AMORIM, S. S.; A Tecnologia Web Services e sua Aplicação num Sistema de Gerência de Telecomunicações. (Dissertação de Mestrado Profissional). Instituto de Computação, UNICAMP, Campinas, 2004.

BURANARACH, M.; The Foundation for Semantic Interoperability on the World Wide Web. PhD Thesis. Department of Information Science and Telecommunications School of Information Sciences, University of Pittsburgh, Novembro, 2001.

CARVALHO, J. A.; MISW – Uma Metodologia de Integração com Serviços Web. (Monografia). Universidade de Fortaleza, Informática. Fortaleza, 2003.

CASTRO, C., FEITOSA, D. F., VALENTE, V. C. P. N.; Interoperabilidade e Interatividade da TV digital na Construção da Sociedade da Colaboração. Intercom – Sociedade Brasileira de Estudos Interdisciplinares da Comunicação XXXII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação – Curitiba, PR – 4 a 7 de setembro de 2009.

FACUNTE, E.; Delphi 7 Internet e Banco de Dados. Rio de Janeiro: Brasport, 2003.

GONÇALVES, F.; Gerenciamento de redes através de Web services – uma análise comparativa / Frederico Gonçalves – Campinas-SP., 2005.



LAKATOS, E. M.; Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LIMEIRA, T. M. V.; E-Marketing: O Marketing na Internet com casos brasileiros. São Paulo: Saraiva, 2003.

MEDEIROS, F. T.; Integração de Sistemas Através de Webservice. (Monografia) FAJ - Faculdade de Jaguariúna. Jaguariúna, 2007.

MOURA M. A.; Informação, ferramentas ontológicas e redes sociais ad hoc: a interoperabilidade na construção de tesouros e ontologias Inf. & Soc.:Est., João Pessoa, v.19, n.1, p. 59-73, jan./abr. 2009.

MILLER, P.; Interoperability. What Is It And Why should I Want It? Ariadne, (24), 2000. Disponível em: <http://www.ariadne.ac.uk/issue24/interoperability/>. Acesso em: 15 de março, 2011.

OLIVEIRA, R. M. V. B.; Web Semântica: Novo desafio para os profissionais da informação. Disponível em :<http://www.abranet.org.br/historiadainternet>. Acesso em: 15, maio, 2011.

PIAZZA, A. P.; Uma abordagem para interoperabilidade entre plataformas heterogêneas de serviços web para redes colaborativas de organizações. Dissertação – Engenharia Elétrica – Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.



## APLICAÇÃO MATEMÁTICA NO MÉTODO DA TEORIA DAS RESTRICÇÕES

**Murolo, Afrânio Carlos**

[afraniamurolo@gmail.com](mailto:afraniamurolo@gmail.com)

Professor Titular do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Padre Anchieta.

**Neves, Luciano Oliveira das.**

[nevesvieira@hotmail.com](mailto:nevesvieira@hotmail.com)

Graduado em Engenharia de Produção pelo Centro Universitario Padre Anchieta.

### RESUMO

Esta pesquisa tem a finalidade de detalhar a metodologia da Teoria das Restrições para esclarecer e facilitar a sua aplicação através dos cálculos matemáticos e o gerenciamento das restrições de um sistema, onde a solução é dada através do raciocínio lógico que busca a eficácia nos resultados. Tais resultados tem por finalidade analisar as informações do estado atual da empresa, negócio, processo e atividade, quanto a valores (custos, despesas, falhas, lucros, mercado, eficiência, produtividade, demanda, vendas, clientes e outros). E dessa forma, aplicar a lógica para maximizar o ganho e minimizar ou eliminar as restrições que impedem o ganho no sistema.

**PALAVRAS CHAVE:** Teoria das Restrições, Método Matemático, Maximização do Ganho.

### ABSTRACT

This research aims to detail the methodology of the Theory of Constraints to clarify and facilitate their application through the mathematical calculations and the constraints of a management system, where the solution is given by logical reasoners that seeks effective results. In order to analyze the current state information of the company, business, process and activity, as the values (costs, expenses, shortages, profits, market efficiency, productivity, demand, sales, customers and others) and how to apply the logic to maximize gain and minimize or eliminate the restrictions that prevent the gain in the system.

**KEY WORDS:** Theory of Constraints, Mathematical Method, Maximizing Gain.

## 1. INTRODUÇÃO

A teoria das restrições, TOC, foi desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt que viveu entre 31/03/1947 à 11/06/2011, que identificou uma forma brilhante de aplicar os princípios das pesquisas científicas. Assim como, a teoria dos caos e a relação de causa e efeito nas áreas de negócio em especial na manufatura, que através da análise do ambiente de fábrica e suas diversas variáveis, desenvolveu um método matemático e conseguiu resolver inúmeros problemas de forma simples e eficiente (Guerreiro, 1996).

A grande contribuição do Dr. Goldratt não foi apenas criar uma metodologia superior aos tradicionais sistemas de manufatura, mas elaborar o processo lógico de raciocínio para abordar o problema. Este processo permitiu a criação de outras metodologias dentro da TOC, e ainda disponibilizou um algoritmo genérico para resolução de problemas.

Conforme descrito por Noreen, Smith e Mackey (1996);

*O processo de raciocínio lógico deve ser bem aplicado através do gerenciamento empresarial, pois uma vez aplicado o TOC e realizando melhorias constantes pode levar a um excesso da capacidade produtiva, sem qualquer aumento do lucro. Sendo assim, a restrição mudará para fora da Empresa, com isto determinará uma nova restrição “não física”, mas, sim política.*

Neste método, é utilizada uma avaliação matemática para simular, identificar e definir planos estratégicos para atingir a meta da Empresa com o objetivo de maximizar o lucro e eliminar as restrições de uma forma econômica e eficaz.

“Goldratt (1997) afirma que é importante observar que depois de ocorrido as flutuações estatísticas não serão mais possíveis recuperar a perda e, conseqüentemente, atingir a meta que é a demanda esperada.”

Guerreiro (1996, p.35) esclarece que; “Em outras palavras, o recurso restrição corresponde a qualquer elemento que limita o desempenho da empresa, e o recurso não-restrição, ao elemento que não limita seu desempenho.”

Além da dificuldade em dedicar um esforço para a implantação desta metodologia, o fator tempo é prioritário. Por outro lado, qualquer negócio que pretende manter-se em atividade e ou busca crescimento no mercado sabe que necessita romper as restrições e aplicar ações para aumentar o seu ganho. Contudo, os gestores buscam realizar estas atividades no seu dia a dia de forma mais simples e prática se baseando em dados matemáticos e estatísticos.

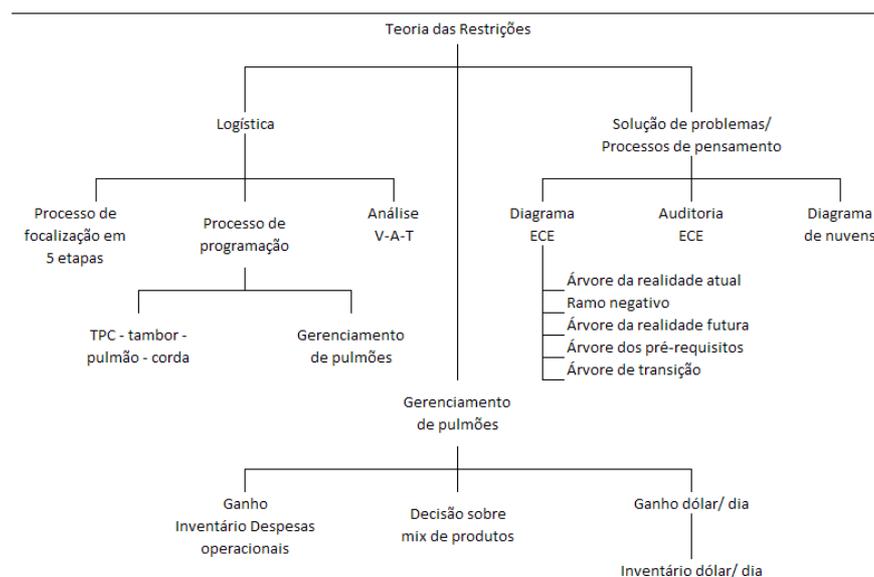
## 1.1 A METODOLOGIA DA TOC

A metodologia desenvolvida por Goldratt e Cox (1997) é:

1. Identificar a restrição do sistema.
2. Decidir como explorar a restrição do sistema.
3. Subordinar todo o sistema sobre o que foi decidido.
4. Elevar a restrição do sistema.
5. Não permitir que a inércia atue neste processo.

A Representação Gráfica sobre o “Gerenciamento das Restrições”, conforme Cox III e Spencer (2002, p.37) exemplificam:

Figura 1: Representação Gráfica sobre o “Gerenciamento das Restrições”



Fonte: Cox III e Spencer (2002, p.37)

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi desenvolvida a partir das referências bibliográficas apresentadas, históricos do processo produtivo e financeiro da empresa FAL S/A referente ao ano de 2011.

Na aplicação do estudo de caso, utilizou-se como referência a metodologia teórica do livro de Reinaldo Guerreiro “A Meta da Empresa” - 1996 e de Thomas Corbett Neto

“Contabilidade de Ganhos” – 1997. O desenvolvimento foi realizado com a união dos conceitos/ modelos dos autores, sendo o modelo de decisão da teoria das restrições, conforme as páginas 23 a 33 do livro de Reinaldo Guerreiro e o exemplo de uso dos demonstrativos da TOC, conforme as páginas 68 a 78 do livro de Thomas Corbett Neto.

Os cálculos foram realizados com o uso de planilhas do software Excel 2007, assim como, apresentado em tabelas presentes neste trabalho.

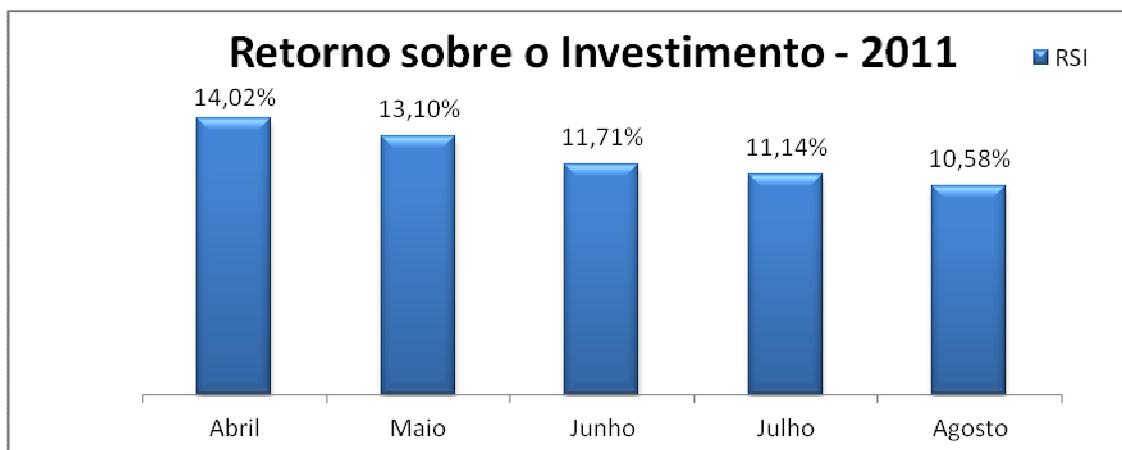
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. ESTUDO DE CASO “APLICAÇÃO PRÁTICA”

Este estudo de caso realiza-se em uma Empresa fictícia para demonstrar a aplicação da TOC no processo de produção e contábil da Empresa. A Empresa criada chama-se FAL S/A, que é fabricante de embalagens de vidro de perfume para as maiores empresas de perfumaria e cosméticos da América Latina.

A pesquisa documental realiza-se nas fichas de produção onde obtém-se o sequenciamento de produção, tempo de cada processo de produção e quantidades de matéria-prima utilizadas na fabricação dos dois produtos em questão. São analisados também os relatórios financeiros para obter as informações sobre despesas operacionais, dados de custo de matéria-prima e preço de venda dos produtos.

Figura 1: Gráfico do indicador de desempenho de 2011 da empresa FAL S/A



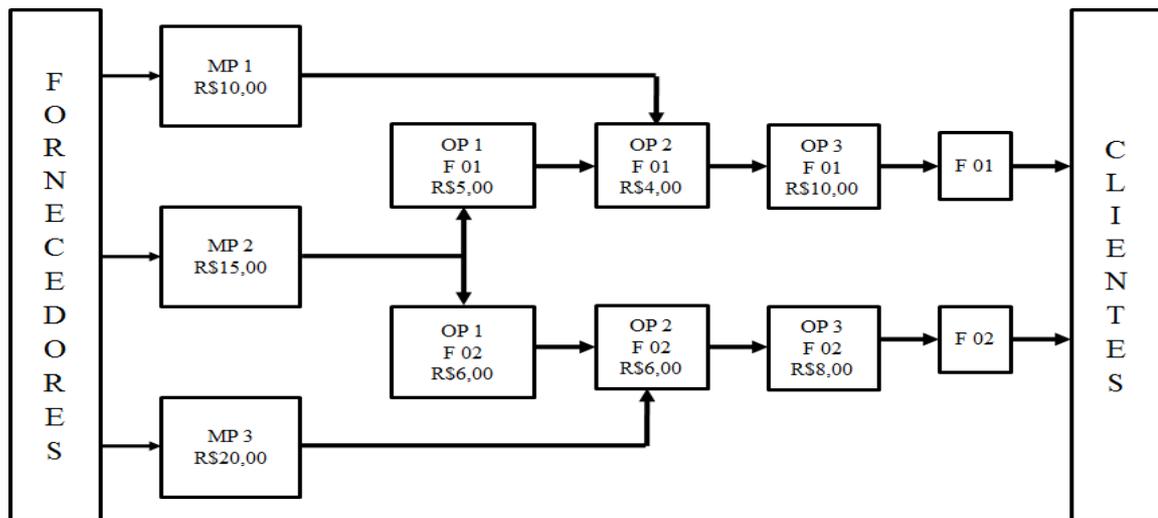
Fonte: Desenvolvido pelo autor

O estado geral inicial desta empresa é um lucro bruto de R\$ 48.906,00, com uma despesa operacional de R\$ 43.730,00 que resulta em um lucro líquido de R\$ 5.176,00.

As medidas de desempenho avaliadas da empresa FAL S/A revela-se que é importante uma análise e a aplicação de uma ação urgente, para que a empresa volte a gerar lucro, assim como representa o gráfico a seguir:

Os produtos fabricados pela FAL S/A são o F01 e F02, que seguem o fluxo e custo, conforme a figura 2:

Figura 2: Fluxo do Custo de fabricação dos produtos F01 e F02



A empresa dispõe de 22 dias de trabalho por mês e 9 horas por dia no período de segunda-feira à sexta-feira que resulta um total de 540 minutos por dia e 11880 minutos por mês, onde utiliza-se 6 operações/ máquinas e 6 operadores.

A representação de uma solução ótima para cada produto obedecendo a uma demanda para o produto F01  $\geq 990$  peças e para F02  $\geq 1584$  peças, sendo assim, aplica-se o primeiro passo da TOC para identificar a real situação e suas causas.

### 3.2. 1º PASSO - IDENTIFICAR A RESTRIÇÃO

Seguindo a metodologia da TOC, avaliou-se a restrição do sistema que impede a empresa FAL poder atingir a sua meta.

Na tabela 1, identificou-se a restrição na operação 1, 2 e 3 do produto F01 e na operação 2 e 3 no produto F02.

A demanda de tempo disponível para os produtos F01 e F02 é de 11880 para cada operação, porém, na operação 1, 2 e 3 do produto F01 e 2 e 3 do produto F02 não atende a esta capacidade:



Tabela 1: Identificação da Restrição 1ª Fase

IDENTIFICAÇÃO DA RESTRIÇÃO DO SISTEMA						
Produto	Operação	Quantidade pçs/ 60min	Tempo p/ peça (min.)	Capacidade minutos	Disponíveis minutos	Folga minutos
F01	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>30</b>	<b>29700</b>	<b>11880</b>	<b>-17820</b>
	2	3	20	19800	11880	-7920
	3	3	20	19800	11880	-7920
F02	1	8	7,5	11880	11880	0
	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>19008</b>	<b>11880</b>	<b>-7128</b>
	3	6	10	15840	11880	-3960

Com a demanda de 990 peças para o produto F01, o tempo padrão de 12 minutos por peça e para o F02 que possui uma demanda de 1584 o tempo padrão é 7,5 minutos por peça.

Na tabela 2, analisou-se o ganho por operação, custo unitário por operação, tempo no RRC (recurso restritivo de capacidade) e o ganho gerado em cada recurso.

Tabela 2: O Ganho no Recurso Restritivo de capacidade “RRC”

DADOS GERAIS DO PRODUTO								
Produto	Operação	Ganho Unit. Produto	Gu. Operação	Custo Unit./ Op.	Tempo p/ peça (min.)	Demanda (min.)	Tempo no RRC (min.)	Gu no RRC
F01	1	R\$ 36,00	<b>R\$ 9,47</b>	<b>R\$ 5,00</b>	30	12	<b>18</b>	<b>R\$ 14,40</b>
	2		R\$ 7,58	R\$ 4,00	20		8	R\$ 21,60
	3		R\$ 18,95	R\$ 10,00	20		8	R\$ 21,60
F02	1	R\$ 35,00	R\$ 10,50	R\$ 6,00	7,5	7,5	0	R\$ 35,00
	<b>2</b>		<b>R\$ 10,50</b>	<b>R\$ 6,00</b>	12		<b>4,5</b>	<b>R\$ 21,88</b>
	3		R\$ 14,00	R\$ 8,00	10		2,5	R\$ 26,25

Fonte: Desenvolvido pelo autor

O ganho unitário por produto é obtido por meio do preço de venda e custo de fabricação, quanto ao ganho por operação é obtido através do ganho total multiplicado pelo custo da operação e o resultado dividido pela soma dos custos.

No caso do produto F01, na operação 1 é gasto 18 minutos a mais no RRC que gera um ganho no RRC de apenas R\$14,40, pois gastando mais tempo no RRC menor será o ganho gerado. Desta forma, é possível notar que o produto F01 tem a maior restrição na operação 1 e o produto F02 na operação 2. Porém a demanda do produto F02 é maior que o produto F01 e gera-se o maior ganho para a FAL S/A. Sendo assim, pode-se calcular o Lucro Líquido gerado pela empresa com a capacidade do sistema apresentado.



Tabela 3: Mix de Lucro Máximo

Resultados - Mix de Lucro Máximo						
Produto	Operação	Demanda (Previsão)	Mix Venda	Tempo Total RRC	Gu. Oper.	Gu. Total
F01	1	990	396	7128	R\$ 14.256,00	R\$ 14.256,00
	2		594	4752	R\$ 21.384,00	
	3		594	4752	R\$ 21.384,00	
F02	1	1584	1584	0	R\$ 55.440,00	R\$ 34.650,00
	2		990	4455	R\$ 34.650,00	
	3		1188	2970	R\$ 41.580,00	

Tabela 4: Lucro Máximo Empresa FAL S/A

LUCRO MÁXIMO DA EMPRESA	
Lucro Máximo da Empresa	R\$ 48.906,00
Despesa Operacional	R\$ 43.730,00
Lucro Líquido	R\$ 5.176,00

### 3.3. 2º PASSO – EXPLORAR AS RESTRIÇÕES

Segundo Goldratt e Fox (1992, p.106): “Uma vez que os RRCs tenham sido identificados, a pergunta seguinte é exatamente como programá-los de acordo com a sua capacidade limitada e com as demandas do mercado que eles precisam atender.”

Conforme as condições dos recursos disponíveis pela empresa FAL, aplicou-se algumas simulações, para obter qual o melhor caminho a seguir, quanto ao produto F01 e F02, pois o ideal é usar a capacidade máxima que atenda o fluxo da demanda necessária. Entretanto, o sistema da empresa já possui a sua restrição de recurso e o que é possível explorar.

Tabela 5: Exploração das Restrições

RESULTADO DAS EXPLORAÇÕES DAS RESTRIÇÕES					
		1ª Exp.	2ª Exp.	3ª Exp.	4ª Exp.
F01	Demanda	396	396	594	704
	Lucro p/ Produto	R\$ 14.256,00	R\$ 14.256,00	R\$ 21.384,00	R\$ 25.344,00
F02	Demanda	990	1188	990	990
	Lucro p/ Produto	R\$ 34.650,00	R\$ 41.580,00	R\$ 34.650,00	R\$ 34.650,00
<b>F01 e F02</b>	<b>Ganho Total</b>	<b>R\$ 48.906,00</b>	<b>R\$ 55.836,00</b>	<b>R\$ 56.034,00</b>	<b>R\$ 59.994,00</b>

Se o produto F01 tem uma demanda de 990 peças por mês e o tempo ideal é 12 minutos por peça e 5 peças por hora, ele pode gerar um ganho de R\$180,00 por hora. O produto F02 tem uma demanda um pouco maior são 1584 peças por mês e o tempo ideal para



fabricar esta quantidade é de 8 minutos, pois o processo utilizado pode alcançar este tempo, que faz 8 peças por hora e também pode gerar um ganho de R\$280,00 por hora.

O produto que deve ser priorizado respeitando o potencial de mercado é o produto F02. Para isso, a capacidade e ou a demanda do mercado precisam aumentar a quantidade de peças a serem produzidas.

No caso da FAL S/A, ela está apresentando uma situação crítica, pois há restrições nos dois processos e produtos e apenas o processo 1 do produto F02 está atendendo a demanda sem folgas positivas ou negativas. Desta forma, analisa-se e aplicam-se as ações para fazer os processos com restrições atenderem o mercado.

Assim como, a regra da TOC sobre o segundo passo que é decidir como explorar as restrições do sistema definiu-se algumas ações:

- ✓ Utilização do tempo máximo nos gargalos evitando qualquer tipo de paradas.
- ✓ No processo F01, alterou-se a jornada de trabalho para 2 turnos de 8 horas que gera um total de 704 peças por mês.

Resultados:

- Na operação 1, do produto F01 a capacidade mensal de produção obteve-se um aumento de 77,78%, visto que ainda faltam 286 peças para atender a demanda do mercado que é de 990 peças;
- Nas operações 2 e 3, a alteração de horário gera-se um inventário de 66 peças em cada operação;
- A primeira decisão de exploração da restrição do sistema focou-se apenas no produto F01 e não atendeu para a melhoria do sistema como um todo;
- Entretanto, esta decisão já contribui com o aumento do ganho no sistema de R\$ 15.464,00.

### **3.4. 3º PASSO – SUBORDINAR TODO O SISTEMA CONFORME O 2º PASSO.**

Neste passo, são subordinados os demais recursos, conforme foi decidido na etapa anterior, sendo que, o gargalo limita a capacidade do sistema geral.

Tabela 6: Cálculos dos Resultados

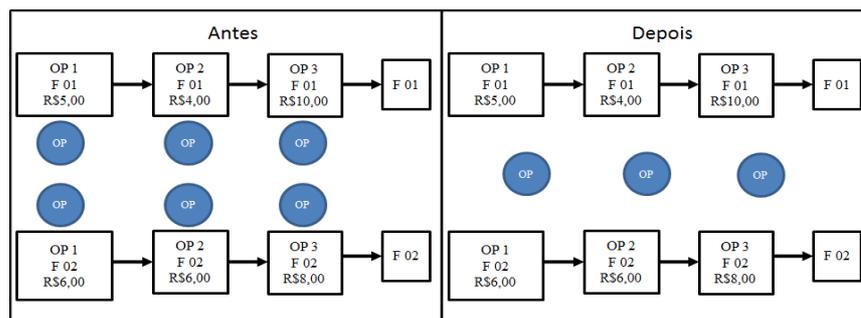
Cálculos dos Resultados - Mix de Lucro Máximo						
Produto	Operação	Demanda (Previsão)	Mix de Venda	Folga minutos	Gu. Operação	Gu. Total por Produto
F01	1	990	704	-286	R\$ 25.344,00	R\$ 25.344,00
	2		1056	66	R\$ 38.016,00	
	3		1056	66	R\$ 38.016,00	
F02	1	1584	1584	0	R\$ 55.440,00	R\$ 34.650,00
	2		990	-594	R\$ 34.650,00	
	3		1188	-396	R\$ 41.580,00	

Tabela 7: Lucro Máximo da Empresa

LUCRO MÁXIMO DA EMPRESA		
PRODUTOS	F01	F02
Lucro Máximo da Empresa	R\$ 59.994,00	
DESPESA OPERACIONAL	R\$ 44.530,00	
LUCRO LÍQUIDO	R\$ 15.464,00	

Para manter os gastos operacionais com os salários e encargos referentes ao custo do produto F01, um novo método de trabalho será aplicado junto aos operadores.

Figura 3: Arranjo Físico



Nesta primeira etapa, apenas o processo F01 está sendo operado em 12 horas por dia (2 turnos de 6h) e o processo F02, ainda mantém-se por 8h diárias.

### 3.5. 4º PASSO – ELEVAR A RESTRIÇÃO DO SISTEMA

Com o aumento do ganho e a melhora nas entregas, ocorreu um interesse da Diretoria e dos Clientes para aumentar a produtividade e o lucro, sendo assim, após uma avaliação definiu-se uma nova estratégia para a Empresa FAL S/A:



- Nova Demanda para o produto F01 é de 1056 peças e para o produto F02 é de 2816 peças.
- Para melhorar o processo de produção em relação a tempo de processamento e custo de fabricação reservou-se um investimento de R\$ 12.000,00.

Ações sugeridas para alcance das novas metas:

- ❖ Implantação da filosofia Just in time para eliminação de desperdícios e tempo;
- ❖ Manutenção preventiva nos equipamentos que geram gargalos;
- ❖ Alteração no processo da operação 1 do produto F01, sendo que a inspeção do material a ser processado realiza-se antes de entrar no forno e reduzem-se os problemas de qualidade com a matéria-prima;
- ❖ Redução no tempo de processo da Op.1 do produto F01 de 30 min. para 20 min;
- ❖ O aumento da demanda contribui com a redução dos inventários na operação 2 e 3;
- ❖ Com a nova demanda, o processo do produto F02 alterou-se para trabalhar em 2 turnos;
- ❖ Na operação 2 do produto F02, adquiriu-se uma nova máquina de menor capacidade para somar com a máquina atual e as duas atender o fluxo necessário;
- ❖ Redução no tempo de processo da op. 3 do produto F02 para 7,5 minutos;
- ❖ O valor do investimento será depreciado em doze meses, desta forma não comprometerá a DO neste período, visto que o lucro também aumentará;
- ❖ As melhorias e Investimentos realizados geraram uma redução no custo de fabricação do produto F1 de 13,63% e no produto F02 de 10,10%.;
- ❖ Com a nova estrutura implantada, foi necessária a contratação de mais dois operadores para atender a demanda, sendo que cada um irá trabalhar em um turno.

Figura 4: Novo Arranjo Físico

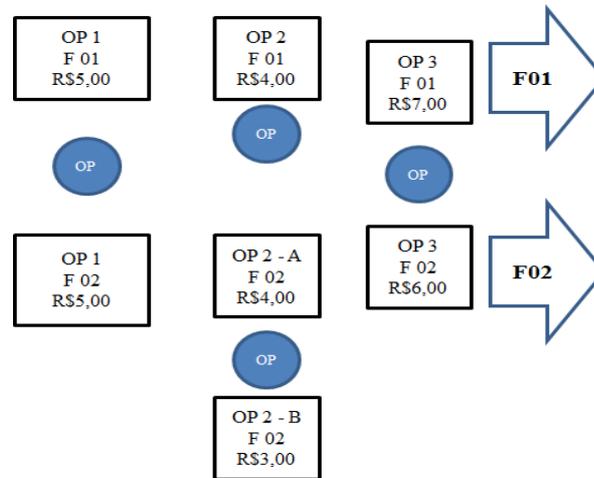
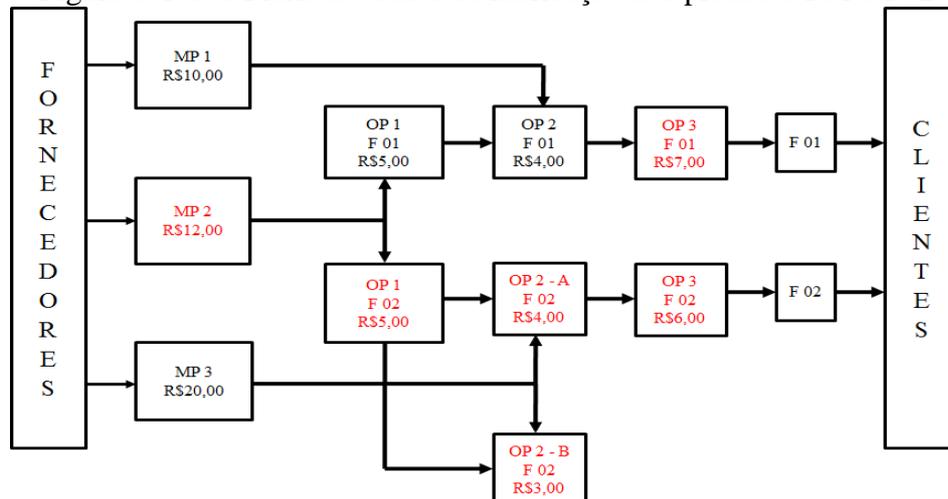


Figura 5: Novo Fluxo do Custo de fabricação dos produtos F01 e F02



Com a nova estrutura adotada, houve um aumento nas despesas em salário e encargos 15,8%, energia elétrica 23%, depreciação 81,3% e em outros de 19,15% que gera um total de R\$ 50.992,00. Após todas as ações implementadas, é possível elevar a restrição do sistema, conforme os cálculos realizados e demonstrados nas tabelas a seguir:

Tabela 8: Elevação do Sistema

Elevação da Restrição do Sistema						
Produto	Operação	Quant. pç/ Turno	Tempo pç (min.)	Capacidade p/ mês	Demanda	Folga min.
F01	1	24	20	1056	1056	0
	2	24	20	1056	1056	0
	3	24	20	1056	1056	0
F02	1	64	7,5	2816	2816	0
	2A	40	12	1760		
	2B	24	20	1056	2816	0
	3	64	7,5	2816		

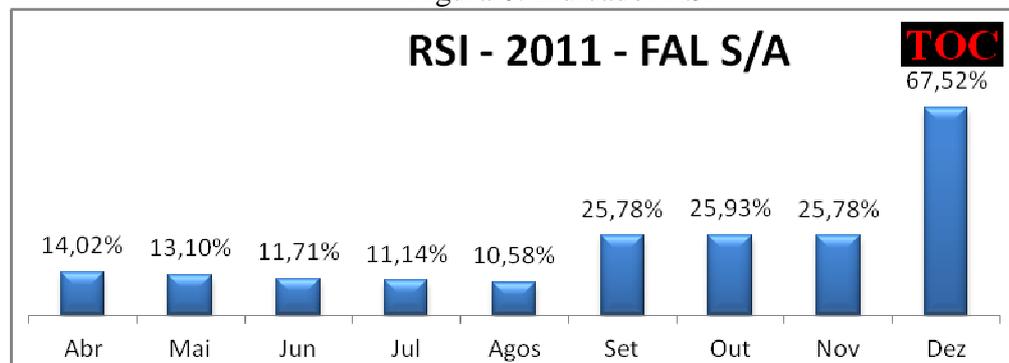
Tabela 9: Cálculo Final do Mix do Lucro Máximo

Cálculos Finais dos Resultados - Mix de Lucro Máximo						
Produto	Operação	Demanda	Mix de Venda	Folga min.	Gu. Operação	Gu. Total p/ Produto
F01	1	1056	1056	0	R\$ 44.352,00	R\$ 44.352,00
	2		1056	0	R\$ 44.352,00	
	3		1056	0	R\$ 44.352,00	
F02	1	2816	2816	0	R\$ 112.640,00	R\$ 112.640,00
	2		2816	0	R\$ 112.640,00	
	3		2816	0	R\$ 112.640,00	

Tabela 10: Lucro Máximo

LUCRO MÁXIMO "META DA EMPRESA"		
CUSTO	F01	F02
Custo Unitário	R\$ 38,00	R\$ 50,00
PREÇO DE VENDA	R\$ 80,00	R\$ 90,00
<b>Ganho Unitário</b>	<b>R\$ 42,00</b>	<b>R\$ 40,00</b>
DEMANDA	1056	2816
Lucro de cada Produto	R\$ 44.352,00	R\$ 112.640,00
Lucro Máximo da Empresa	R\$ 156.992,00	
DESPESA OPERACIONAL	R\$ 50.992,00	
LUCRO LÍQUIDO	R\$ 106.000,00	

Figura 6: Indicador RSI



Corrêa e Giances (2007, p.161) descrevem que “um aumento do fluxo, conforme definido pelo OPT, significa simultaneamente aumentar o lucro líquido, retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa.”

### 3.6. 5º PASSO: APLICAR A MELHORIA CONTÍNUA

O conceito da Teoria das restrições é não permitir que o sistema pare de reduzir ou eliminar uma nova restrição, pois faz parte de um processo de melhoramento contínuo.

“As Filosofias de Suporte usadas para a evolução da Melhoria Contínua são orientadas pelo autor Slack (2008) com foco na questão estratégica dos sistemas produtivos.”

Voltar à 1ª etapa, se a restrição for eliminada em algum passo anterior e não permitir que a inércia atue neste processo.

Através da metodologia incentivada pela teoria das restrições no seu primeiro estágio procura-se calcular com a relação entre o tempo gasto para realizar uma atividade e o ganho que pode ser gerado com a ação implementada. A atividade que gasta mais tempo para ser realizada é a que gera menos ganho para o sistema. No entanto, no processo de decisão da exploração das restrições devemos levar em conta o preço de venda e a demanda do produto que apresenta restrição, pois será este que irá gerar o maior lucro para o sistema.

No estudo apresentado, o produto F01 gera um ganho de R\$180,00 por hora, já o produto F02 um ganho de R\$280,00 ficando claro quanto ao qual produto deve ser priorizado.

Tabela 11: Ganho Total no Sistema p/ Produto

Ganho Total no Sistema p/ Produto			
Produto	Gu Unit. Produto	Demanda (min.)	Gu p/ hora
F01	R\$ 36,00	12	R\$ 180,00
F02	R\$ 35,00	7,5	R\$ 280,00

Fonte: Desenvolvido pelo autor

A elevação da capacidade do sistema, de forma que pode elevar a capacidade dos recursos em geral deve ser seguido obedecendo às restrições externas “demanda ou capacidade de venda”. E m nosso caso, a aplicação foi eficaz, pois obtemos resultados muito interessantes.

Assim como descrito por Noreen, Smith e Mackey (1996, p.44), Goldratt acredita que “as restrições físicas na fábrica podem ser rapidamente tratadas, uma vez feita a sua identificação. No momento em que as restrições dentro da fábrica são superadas, a restrição vai para outro lugar.”

“Pode não haver gargalos reais, mas sempre haverá recursos restritivos de capacidade (RRC). Os RRC controlam fluxo e devem estar sincronizados aos outros de forma a poder controlar os estoques, conforme Corrêa e Carlos (2004, p. 471).”

A teoria das restrições propõe uma metodologia de aumento do Ganho Máximo “a soma dos ótimos locais não é igual ao ótimo global”, e estabelece alguns princípios básicos:

As questões que devem ser gerenciadas para o alcance da meta são:



- ✓ O que está impedindo o sistema de maximizar o ganho?
- ✓ Como é possível explorar esta restrição?
- ✓ Como podemos subordinar o restante do sistema com esta restrição?
- ✓ É possível elevar a capacidade da restrição e conseqüentemente o ganho no sistema?
- ✓ Existem outras restrições que podemos explorar?

Corbett Neto (1997, p.22) afirma que;

*Qualquer organização precisa de um sistema de informação que oriente e motive os gerentes a irem à direção da meta que possui. Eles precisam saber em que direção deve concentrar seus esforços, para levarem a organização a se aproximar cada vez mais de sua meta.*

A busca pela competitividade está sempre relacionada com a situação financeira da Empresa, pois é crucial uma visão e tratamento estratégico, quanto aos lucros, despesas e investimentos.

#### **4. CONCLUSÕES**

Neste trabalho, analisou-se a aplicação matemática nos métodos de avaliação, decisão e resolução de problemas nas indústrias e negócios em geral, pois contribuem tanto em relação à precisão no acerto dos resultados esperados, quanto ao aumento do ganho da empresa e as melhorias adquiridas com o auxílio de outras filosofias. Em alguns casos, as variáveis que precisam ser controladas são usadas cálculos matemáticos para simular a melhor decisão a ser aplicada.

Em uma empresa, o seu objetivo principal é gerar lucro e uma das técnicas mais utilizadas é a Teoria das restrições, sendo que a sua aplicação com outra filosofia que tem o objetivo a eliminação do desperdício pode-se trazer muitas melhorias para a Organização.

A exploração da teoria das restrições demonstra-se algumas regras básicas que podem ser usadas em qualquer empresa, negócio, atividade, processo ou situação, através de uma sistemática lógica. Para o bem-estar financeiro da empresa o seu administrador deve utilizar em suas decisões um processo de raciocínio lógico, com uma visão ampla em todas variáveis possíveis e fazer um controle rigoroso em suas medidas de desempenho com foco principal no seu Lucro Líquido, Despesa Operacional e o Investimento realizado. Com estas informações, os seus administradores podem aplicar as decisões necessárias para atingir a meta da empresa.



A aplicação matemática da TOC neste estudo de caso é uma solução ótima, pois todas as restrições foram superadas, tanto internas quanto externas que favorece na maximização dos ganhos.

Com a elevação das restrições do sistema onde é possível elevar a capacidade do fluxo na medida da demanda necessária os valores alcançados para o produto F01 é de um ganho total de R\$ 44.352,00 e para F02 é de R\$ 112.640,00. A soma gera um ganho total para a empresa FAL S/A de R\$156.992,00 com uma despesa de R\$ 50.992,00 a empresa obteve um lucro líquido de R\$ 106.000,00 e o retorno sobre o investimento é de 25,78% para 67,52%.

Contudo, aplicando as regras da TOC comprova-se que estas informações baseadas em modelos práticos e lógicos podem contribuir para a aplicação real em diversas situações, que ocorrem no dia a dia de várias empresas que buscam como meta o aumento do lucro.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CORRÊA, Henrique L. e Carlos, A. Correa. Administração da Produção e Operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. São Paulo. Atlas, 2004.

CORRÊA, Henrique Luiz; Gianesi, Irineu G. N.. Just in Time, MRP II e OPT. 2.ed. 13 reimpr. São Paulo: Atlas, 2007.

COX III, J.F. & SPENCER, M. S. Manual da Teoria das Restrições. Porto Alegre: Bookman, 2002.

CORBETT NETO, T. Contabilidade de ganhos: a nova contabilidade gerencial de acordo com a teoria das restrições. São Paulo: Nobel, 1997.

GOLDRATT, Eliyahu M. e Fox, Robert E.; A corrida pela vantagem competitiva. São Paulo, Tradução do Inglês, Claudiney Fullmann, 1992.

GOLDRATT, Eliyahu M. e Cox, JEFF. A Meta, São Paulo: Educator Editora, 1997.

GUERREIRO, Reinaldo. A Meta da Empresa: seu alcance sem mistérios. São Paulo: Atlas, 1996.

NOREEN, Eric; Smith, Debra e Mackey, James T. A Teoria das Restrições e suas Implicações na Contabilidade Gerencial. São Paulo: Educator Editora, 1996.

SLACK, Nigel. Administração da Produção/ Nigel Slack, Stuart Chambers, Robert Johnston; tradução Maria Teresa Corrêa de Oliveira, Fábio Alher; revisão técnica Henrique Luiz Correia. – 2. Ed. – 9. Reimpr. – São Paulo: Atlas, 2008



## USOS, APLICAÇÕES E BENEFÍCIOS DA LOGÍSTICA REVERSA NAS INDÚSTRIAS NO SETOR DE EQUIPAMENTOS ELETRÔNICOS.

Vanderlei Roque

[vandroque@gmail.com](mailto:vandroque@gmail.com)

Marco Antonio Paletta

[allmap@bol.com.br](mailto:allmap@bol.com.br)

Centro Universitário Padre Anchieta

### Resumo.

Este trabalho tem como objetivo apresentar as oportunidades e ganhos obtidos através da Logística Reversa. Vivemos um período de conscientização ambiental e neste cenário governo e sociedade tem exercido forte influência sobre as empresas no modo como elas destinam os resíduos sólidos. E nesse cenário a Logística Reversa tem apresentado soluções para o problema do lixo eletrônico e trazendo não somente benefícios para a sociedade, mas também para as empresas que a praticam, agregando valores econômicos, ecológicos, logísticos, entre outros.

**Palavras chave:** produção, lixo eletrônico, logística reversa, viabilidade, sustentabilidade.

### Abstract.

This paper aims to present the opportunities and gains from the Reverse Logistics. We are living through a period of environmental awareness and government and society in this scenario has exerted strong influence on business in the way they intended solid waste. And this scenario has presented the Reverse Logistics solutions to the problem of junk mail and not only bring benefits to society, but also for companies that practice, adding value economic, ecological, logistical, among others.

**Keywords:** production, junk mail, reverse logistics, feasibility, sustainability

## 1. INTRODUÇÃO

A logística reversa (LR) é um assunto muito discutido nos meios acadêmicos, mas existem poucos trabalhos que a discute de forma estruturada. Ainda existe pouca bibliografia específica sobre o tema, o que dificulta ainda mais a pesquisa. Percebe-se que o tema torna-se relevante mais em função da implantação de leis ambientais,



entretanto, encontra-se pouco debate a respeito da importância da mesma do ponto de vista puramente logístico ou produtivo. O Brasil ainda carece de dados relativos a programas de reciclagem, altamente relacionados com a logística reversa e as empresas ainda não estudam detalhadamente os ganhos financeiros possíveis de se obter com a implantação de um programa de logística reversa, percebe-se no discurso que a palavra custo ainda é mais forte que a palavra lucro quando se trata do tema. O tema central do trabalho é a utilização da logística reversa não só como uma oportunidade de se ter benefícios ambientais, o foco aqui não foi apresentar os ganhos financeiros ou produtivos da implantação de um programa de logística reversa, mas antes de tudo, apresentar ações que podem ser desenvolvidas pelas empresas como ação mercadológica e sócio-ambiental e seus respectivos benefícios para a imagem corporativa das empresas.

A intenção deste estudo é mostrar a importância que a logística reversa tem para as empresas, tanto no que diz respeito à sua imagem, afinal uma empresa que a pratica está adequando o seu processo às exigências ambientais, bem como se utilizando desta ferramenta como uma forma de redução de custos. Como estudo de caso, serão utilizados dados disponibilizados pela Itaotec e pela Casas Bahia. A primeira empresa desde 2003 se antecipou a Lei de Resíduos Sólidos no Brasil e assumiu o compromisso de dar destinação ambientalmente correta para os produtos ao final de sua vida útil. Em 2007, a Itaotec passou a divulgar publicamente os dados de seu programa de reciclagem e em 2009 estruturou seu portal para esclarecimento e orientações sobre o tema (Itaotec 2010).

## **2. CONSIDERAÇÕES INICIAIS**

Atualmente, muito se fala em sustentabilidade e respeito ao meio ambiente, Neste cenário, a sociedade como um todo, tem demonstrado preocupação com assuntos referentes ao meio ambiente. Segundo estudos realizados pelas Nações Unidas, disponível em Leite (2009), descobriu-se que nada menos do que 1,8 toneladas de materiais diversos são utilizados para construir um único computador. Fabricar um computador é muito mais difícil do que produzir um eletrodoméstico da linha branca, como refrigeradores e fogões e até mesmo do que a fabricação de automóveis, porque estes produtos exigem apenas uma a duas vezes o seu próprio peso em combustíveis



fósseis, enquanto o computador consome até dez vezes o seu próprio peso. Segundo este estudo, o Brasil é o mercado emergente que gera o maior volume de lixo eletrônico per capita por ano, o país é líder em descarte de celulares, televisores e impressoras. Ainda segundo estudo, o Brasil abandona 96,8 mil toneladas de PCs, volume só inferior ao da China, com 300 mil toneladas. Quando se considera o valor per capita, o Brasil é líder. Os dados apresentados no estudo mostram que por ano, cada brasileiro descarta o equivalente a meio quilo desse lixo eletrônico.

### 3. METODOLOGIA

A metodologia adotada é de pesquisa exploratória unindo a revisão bibliográfica, utilizando para isto a publicação de literatura referente ao assunto, análise de dois estudos de caso, onde foi possível verificar os benefícios proporcionados pela logística reversa e apresentando sugestões às empresas que ainda não adotaram a logística reversa de seus produtos.

### 4. OBJETIVOS

O objetivo do estudo é demonstrar a importância da logística reversa no setor de equipamentos eletrônicos. O computador ou qualquer outro equipamento eletrônico comprado hoje, logo torna-se obsoleto, pois novas tecnologias são incorporadas aos aparelhos e, percebe-se uma tendência comportamental das pessoas trocarem tais aparelhos de forma cada vez mais rápida. De outro lado, existem produtos eletrônicos que são adquiridos e não satisfazem os interesses do consumidor ou muitas vezes apresentam problemas técnicos e, neste caso, também necessitam ser devolvidos ao fabricante. A logística reversa é o estudo da melhor maneira de se fazer a captação e o descarte destes materiais.

*“O Brasil produz 2,6 Kg de lixo eletrônico por habitante, o equivalente a menos de 1% da produção mundial de resíduos do mundo, porém, a indústria eletrônica continua em expansão. Até 2012 espera-se que o número de computadores existentes no país dobre e chegue a 100 milhões de unidades” (TECMUNDO, 2009).*

Do ponto de vista ambiental, é necessário ter em mente que muitos equipamentos eletrônicos para serem produzidos exigem que sejam extraídos da natureza materiais, e muitos destes elementos podem ser reciclados, mas para que a reciclagem ocorra



necessita-se de uma forma eficiente de captação desses produtos que são descartados diariamente. É neste contexto que entra a logística reversa, que além do caráter de preservação ambiental também pode contribuir para a redução de custos de produção. A logística reversa não somente diminui o impacto ambiental do descarte impróprio de produtos eletrônicos, como também oferece uma oportunidade de redução de custos na produção e sustentabilidade nas operações. Para Leite (2003, p. 20), “os produtos são descartados de forma incorreta nos lixões, cujo problema gerado é de conhecimento de todos”.

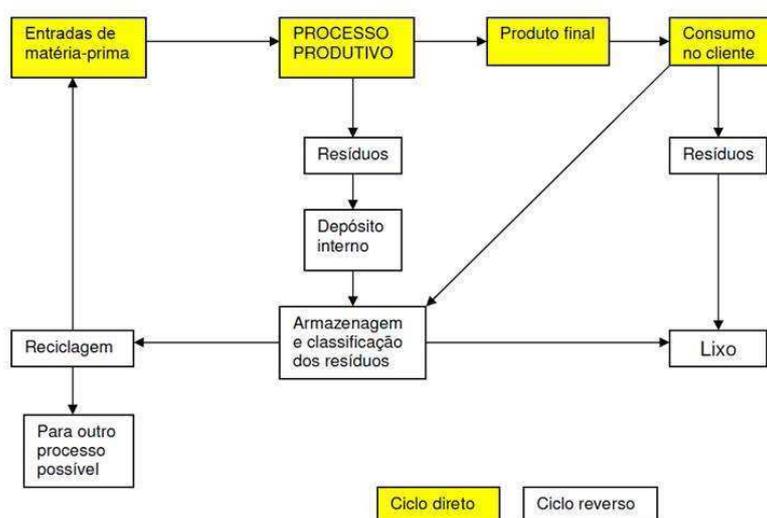
## **5. LOGÍSTICA E LOGÍSTICA REVERSA**

Para Ballou (1998), logística é a maneira de se obter melhor nível de rentabilidade nos serviços de distribuição aos clientes e consumidores, por intermédio de planejamento, organização e controle efetivo para as atividades de movimentação e armazenagem visando facilitar o fluxo dos produtos. Segundo Novaes (2001), a logística é o processo de planejar, programar e controlar de maneira eficiente o fluxo e a armazenagem dos produtos, bem como os serviços e as informações associados, cobrindo desde o ponto de origem até o ponto de consumo, com o objetivo de atender aos requisitos do consumidor. Para Christopher (1997), a logística é conceituada como um processo de gerenciar de forma estratégica a aquisição, movimentação e armazenagem de materiais, através da organização e seus canais de distribuição de modo a maximizar a lucratividade presente e futura através do atendimento de pedidos a um baixo custo tendo como missão planejar e coordenar todas as atividades necessárias para alcançar níveis desejáveis dos serviços e qualidade ao custo mais baixo possível.

Segundo Leite (1999), a logística reversa administra os fluxos e as informações correspondentes ao retorno dos bens de pós-venda e pós-consumo ao ciclo de negócios ou ciclo produtivo, agregando valor de diversas naturezas: econômico, ecológico, legal, logístico, de imagem corporativa entre outros. Para Lambert (1998), a logística reversa pode ser definida como a parte da logística que objetiva relacionar tópicos como: redução; conservação da fonte; reciclagem; substituição; e descarte às atividades logísticas tradicionais de compras, como suprimentos, tráfego, transporte, armazenagem, estocagem e embalagem. Já conforme Krirkke (1998), a logística reversa é a coleta, transporte, armazenamento e processamento de produtos descartados.

Fleischmann et al.(1997) a define como um processo que engloba as atividades de logística, todo o caminho, desde produtos usados descartados pelos usuários até produtos reutilizáveis pelo mercado.

Segundo Kroon (1995), a logística reversa caracteriza-se pelas habilidades de gerenciamento logístico e atividades envolvidas na redução, no gerenciamento e no descarte de resíduos, perigosos ou não, de embalagens ou produtos. Isto inclui distribuição reversa, que faz com que produtos e informações fluam no sentido oposto das atividades da logística normal. De Brito (2004), define logística reversa como o processo de planejamento, implementação e controle de fluxos reversos de matérias-primas, estoque em produção, embalagem e bens finalizados, do fabricante ou distribuidor, até o ponto de recuperação ou ponto para o descarte adequado. Na figura 1, temos o fluxo direto e reverso dos produtos e podemos perceber que seu início se dá à partir dos resíduos do processo produtivo ou consumo dos clientes, e que podem ir para o descarte ou voltar para o ciclo do produto.



**Figure 1 - Fluxo direto e reverso**  
Fonte: LEITE (1999)

Para o Reverse Logistics Council (2007), as principais diferenças entre a logística reversa e a logística direta estão apresentadas na tabela 1.

Conforme a tabela, a logística direta pode ser definida como um processo totalmente contrário, onde um produto sai de um determinado produtor ou fornecedor e é enviado a diversos clientes.

Em 2003, foi criada para os países da União Europeia, uma direta chamada WEEE (*Waste from Eletrical and Eletric Equipament*), que define alvos para coleta,



bem como tratamento , recuperação e reciclagem de produtos eletroeletrônicos. Sua criação

**Tabela 1 - Diferenças entre Logística Direta e Reversa**

Logística Direta	Logística Reversa
Previsão relativamente direta	Previsão mais difícil
De um para vários pontos de distribuição	Muitos para um ponto de distribuição
Qualidade do produto uniforme	Qualidade dos produtos não uniforme
Embalagem de produto uniforme	Embalagem do produto geralmente danificada
Destino/rota clara	Destinação/rota não é clara
Opção de descartes claros	Descarte não é claro
Preço relativamente uniforme	Preço depende de vários fatores
Importância da velocidade reconhecida	A velocidade, geralmente, não é considerada prioridade
Custos de distribuição direta facilmente visíveis	Custos reversos são menos visíveis diretamente
Gerenciamento de inventário consistente	Gerenciamento de inventário não consistente
Ciclo de vida do produto gerenciável	Questões referentes ao ciclo de vida dos produtos são mais complexas
Negociação direta entre as partes envolvidas	Negociações complicadas por diversos fatores
Método de marketing bem conhecidos	Marketing complicado por diversos fatores
Visibilidade do processo mais transparente	Visibilidade do processo menos transparente

Fonte: Reverse Logistics Council

foi para se reduzir os níveis de lixo eletrônico despejados nos aterros e para encorajar a eficiência de recursos por intermédio da reciclagem e do reuso. Miguez (2010). “A WEEE é dividida em dez categorias”. Na União Européia, foi elaborada com o objetivo de diminuir o impacto ambiental dos equipamentos eletroeletrônicos a diretiva RoHS “*Restriction of Certain Hazardous Substances*” (Restrição de Certas Substâncias Perigosas). Nesta diretiva, foi introduzida o requerimento da substituição de algumas substâncias que causam danos ambientais. Algo interessante para se frisar é que embora a diretiva RoHS fazer parte da legislação européia, sua implementação tem ramificações globais, como é o caso de fabricantes de eletrônicos japoneses que já tomaram a iniciativa de se adequar a esta diretiva.

O Brasil como também outros países tem elaborado leis específicas sobre a obrigatoriedade de equacionarem o retorno de seus produtos às empresas das diversas cadeias de suprimentos e em diversos setores. O Plano Nacional de Resíduos Sólidos reconhece a logística reversa, como uma ação para reduzir a poluição e desperdício de materiais, incentivar a utilização de insumos que degradem o meio ambiente e desenvolver estratégias de sustentabilidade, que possam conciliar interesses tanto ambientais, sociais, econômicos e políticos.



## **6. A OBSOLESCÊNCIA PLANEJADA**

Segundo Churchill e Peper (2000:42, apud ENEGEP,2007:5) a obsolescência planejada “significa que a empresa construiu os produtos para que não durarem, pelo menos não tanto quanto os compradores gostariam de usá-los”. Schewe e Smith (1982) acrescentam que esta estratégia é usada pelos empresários para forçar um produto em sua linha a tornar-se desatualizado, e depois, aumentar o mercado de reposição. Neste contexto, podemos afirmar que a obsolescência planejada é uma estratégia indesejada ao contexto socioambiental.

## **7. LOGÍSTICA REVERSA – UM EXEMPLO A SER SEGUIDO – O CASO ITAUTEC**

A Itautec foi fundada em 1978 e faz parte do Grupo Itaúsa – Investimentos Itaú S.A., um dos maiores grupos privado do País. A empresa produz equipamentos de automação bancária e comercial, computadores e notebooks. Comercializa 1 milhão de computadores por ano e a implementação de um sistema ambiental data de 2001, ano em que recebeu a certificação ISO 14000 em suas fábricas de São Paulo e Manaus. O Grupo Itautec atua nos segmentos de Informática, Soluções e Automações e Serviços. No exercício dessas atividades, o grupo busca sustentabilidade ambiental, social e econômica, através da inovação tecnológica, assegurando qualidade, produtividade e competitividade nos mercados em que atua, contribuindo para a melhoria da qualidade de vida da população.

### **7.1. TI VERDE**

O conceito TI verde é uma expressão que tem sido utilizada pelo setor de tecnologia para incorporar a preocupação com o meio ambiente e a sustentabilidade. Apesar das discussões recentes sobre o assunto abordarem de forma predominante o consumo eficiente de energia, a análise sobre o tema pode ser ampliada. É importante avaliar ainda outros aspectos como o impacto da cadeia produtiva, o uso e reuso de recursos naturais, a reciclagem de equipamentos, a destinação final de resíduos, bem como a utilização de arquiteturas e processos que permitam uma maior vida útil para as infraestruturas de tecnologia. Ao desdobrar o tema TI verde, usuários e empresas



tornam-se conscientes de que suas escolhas e a forma como encaram a adoção de equipamentos e tecnologias, trazem impactos ao meio ambiente. Percebem ainda que esta consciência permite a eles assumirem um caráter ativo, responsável, que possibilite um melhor uso dos recursos naturais e um menor impacto para o meio ambiente, ao mesmo tempo em que garanta o atendimento de suas demandas técnicas e operacionais. Um dos objetivos é ampliar o ciclo de vida dos equipamentos, pois o conceito de obsolescência é diferente para cada tipo ou perfil específico de utilização. Um determinado equipamento pode ser obsoleto para meu perfil de uso, mas pode ainda ser utilizado por outras pessoas e entidades por mais tempo. Não se deve realizar a doação de equipamento sem condições de uso, pois a responsabilidade do descarte de equipamentos ao final de sua vida útil somente será transferida de lugar. Cabe à pessoa adotar uma atitude consciente sobre a real utilidade de um equipamento, ou se é o caso de destiná-lo para fins de reciclagem, de modo a reaproveitar matérias-primas e evitar a contaminação ambiental, lembrando que equipamentos fabricados anteriormente à adoção de processos sem chumbo (lead-free) ou RoHS (Restriction of Hazardous Substances) podem contaminar o ambiente caso sejam descartados como lixo comum.

Esta preocupação com o uso racional de recursos resultou numa experiência que foi incorporada ao processo fabril da empresa, permitindo à Itautec figurar entre as primeiras empresas na área de tecnologia no Brasil a fabricar equipamentos livres de chumbo, além de produzir microcomputadores e notebooks livres de outras substâncias tóxicas ao ambiente como o cádmio, o cromo hexavalente (um anti-corrosivo para partes metálicas) e a cadeia de bromobifenilas (usadas para evitar a propagação de chamas). Estes materiais tóxicos foram substituídos por outros, aderentes à diretiva europeia RoHS, reconhecida em todo o mundo como uma referência de adequação ambiental por recomendar a restrição ao uso de substâncias que agredem o ambiente.

O pioneirismo no processo fez com a empresa fornecesse ao mercado brasileiro equipamentos aderentes à diretiva RoHS já a partir do último trimestre de 2007. Todos os portáteis fabricados pela empresa a partir deste momento estavam livres de substâncias tóxicas. Desde então, e até o final de 2008, a empresa migrou suas demais linhas de produtos para processos em linha com a RoHS, com rígidos controles ambientais, o que consumiu investimentos da ordem de R\$ 3 milhões, aplicados ao longo de dois anos na adequação de linhas de produção. As mudanças nos insumos e



nos processos, contudo, acarretaram um acréscimo de 2% nos custos de produção dos equipamentos, porém, sem acarretar um acréscimo ao seu preço final para os clientes, política que a Itautec adotou por razões estratégicas.

## 7.2. UM COMPUTADOR VISTO POR DENTRO

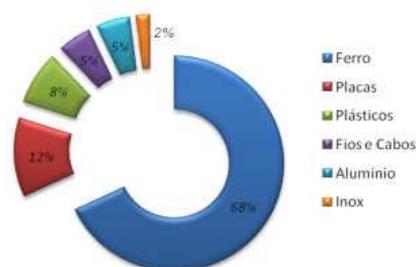
Os primeiros estudos e ensaios sobre desmontagem de equipamentos obsoletos foram realizados pelo Grupo Itautec em meados de 2003, esclarecendo a composição por tipo de materiais de um computador. Ao avaliar esses resultados, podemos observar que 100% dos materiais que compõem um equipamento de informática são recicláveis. A Itautec é reconhecida por sua iniciativa no desenvolvimento do que é hoje um dos projetos mais avançados em destinação de resíduos eletro-eletrônicos em operação no Brasil. Esta operação acontece num centro da empresa em Jundiaí, cidade do interior do Estado de São Paulo, onde está localizada a fábrica da Itautec, e no qual foram investidos R\$ 350 mil na construção de uma área destinada à reciclagem de equipamentos eletroeletrônicos ao final de sua vida útil. Neste espaço, os equipamentos são recebidos, desmontados, descaracterizados, pesados e depois têm suas partes segregadas por tipo de material. O procedimento é válido para PCs, notebooks ou equipamentos de automação. Após a separação, estes resíduos são encaminhados aos cuidados de recicladores homologados para o processamento ou destinação final. Estes parceiros da Itautec permitem que essas matérias-primas sejam reinseridas na cadeia produtiva, evitando desperdícios, o acúmulo de dejetos e a contaminação ambiental pelo descarte incorreto.

Em 2010, o programa atingiu o volume recorde de 3.842 toneladas de resíduos reciclados - o equivalente a cerca de 140 mil *desktops* e mais de 5,6 mil ATMs, acréscimo de 524% em comparação com o exercício anterior. Do montante, 53,8 toneladas de placas eletrônicas foram encaminhadas à reciclagem fora do País, que ainda não possui tecnologia disponível para o processo. Os demais materiais foram 100% reciclados por empresas brasileiras. Visando facilitar o entendimento de como ocorre o fluxo de logística reversa da Itautec, a figura abaixo mostra um fluxograma que foi desenvolvido explicitando os caminhos percorridos pelos computadores destinados a reciclagem. Os computadores entram nesse fluxo de duas maneiras: a primeira é o término dos contratos corporativos, após o qual a Itautec recolhe os computadores

obsoletos; a segunda é a retirada de componentes após a realização de assistência técnica própria.

#### Participação de Materiais - Desktop

*Ensaios realizados na área de reciclagem da Itautec*



#### Participação de materiais - Notebook

*Ensaios realizados na área de reciclagem da Itautec*

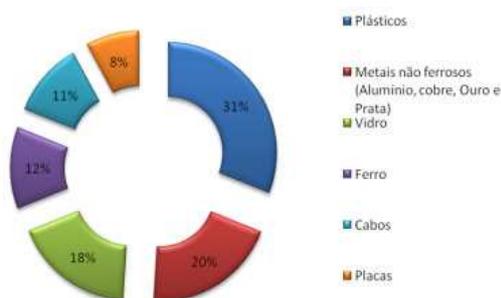


Figure 2 - Composição dos computadores - Fonte Itautec

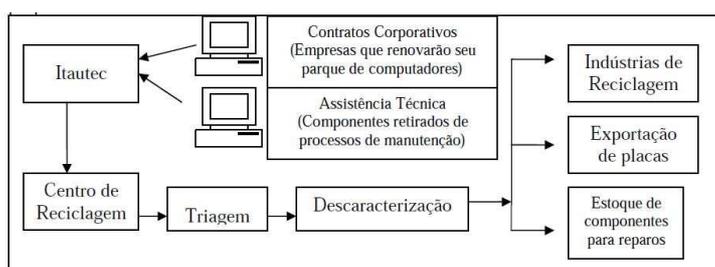


Figure 3 - Fluxograma de logística reversa da Itautec Fonte: SIMPOI 2009

Os equipamentos são recebidos, classificados e depois separados com base em seus componentes principais, como plástico, metais, cabos, embalagens e componentes eletrônicos, que incluem o HD, memórias e as placas de circuitos integrados. Todas as partes são descaracterizadas para prevenir o uso no mercado cinza. Após atingir uma quantidade determinada, estes materiais são acomodados em pacotes maiores, para facilitar armazenamento e transporte e, em seguida, são reintroduzidos no processo produtivo por meio de parceiros que utilizam estes materiais como matéria-prima. A



única exceção a esta reciclagem de materiais tecnológicos se aplica às placas de circuito impresso. Como não existe tecnologia homologada no Brasil para extrair destas placas os metais nobres utilizados, a Itautec acumula estas placas e, de tempo em tempo, encaminha-as para parceiros em Cingapura e na Bélgica, onde elas são completamente recicladas. Do total de lixo eletrônico da Itautec destinado para reciclagem, aproximadamente 97% dos materiais são reciclados por empresas instaladas no Brasil. Os demais 3%, que constituem as placas de circuito impresso, vão para parceiros no exterior.

### **7.3 RESULTADOS OBTIDOS PELA ITAUTEC.**

Segundo o site da empresa com publicação em 15/03/2011, o programa de reciclagem da Itautec para resíduos gerados por aparelhos eletrônicos obsoletos registrou resultado recorde em 2010. No período, 3.842 toneladas de resíduos eletrônicos foram recicladas, retornando em seguida ao mercado como matéria-prima para outras cadeias produtivas. Esse número representa um acréscimo de 524% no montante de e-waste destinado para reciclagem pela companhia em relação ao ano anterior, quando foram recicladas 527,7 toneladas, volume equivalente a cerca de 140 mil desktops e mais de 5,6 mil ATMs, (abreviação de *Asynchronous Transfer Mode*) equipamentos de autoatendimento usado em bancos com peso unitário acima de 700 kg. Em 2010, a contribuição financeira do Centro de Reciclagem representou 66% dos custos com a operação, demonstrando que, além de proporcionar ganhos ambientais, a reciclagem é uma atividade que contribui para a redução dos custos com a gestão ambiental dos processos.

### **8. A LOGÍSTICA REVERSA NAS CASAS BAHIA**

A Nova Casas Bahia já possui um programa socioambiental de LR que tem como objetivo engajar os mais de 56 mil colaboradores da rede para que atuem na preservação do meio ambiente, não só dentro da Casas Bahia como também nas suas respectivas comunidades. O programa está baseado no conceito dos 3R's (redução, reutilização e reciclagem de materiais), Layargues (2002), e inclui ações de conscientização e de mobilização e projetos de ecoeficiência para redução do consumo de recursos naturais e energia elétrica.



O programa foi implementado há pouco mais de 2 anos em um grupo piloto formado pelo complexo da matriz, 09 lojas da grande São Paulo e o maior centro de distribuição da rede, localizado em Jundiaí (SP). Desde então, já encaminhou mais de 25 mil toneladas de materiais para reciclagem. O projeto poupa do meio ambiente diariamente o lixo gerado/dia por uma cidade de mais de 35 mil habitantes. Entre os índices já alcançados, o programa também reduziu 45% o volume de copos plásticos consumidos pelos colaboradores e 20% o volume de papel. Além disso, já destinou para o descarte correto mais de 4 toneladas de pilhas/ baterias e 23 mil lâmpadas. Hoje, segundo dados levantados na própria empresa, o projeto já envolve 116 lojas da cidade de São Paulo, além de duas plantas da Indústria de Móveis Bartira os dois sites da empresa de relacionamento com o cliente *CB Contact Center* e atinge, diretamente, mais de 20 mil colaboradores e outras 200 mil indiretamente.

Idealizado no início de 2007 por um comitê formado por representantes de vários departamentos da empresa, os Amigos do Planeta foi um grupo formatado para sistematizar uma política corporativa socioambiental, levando em conta a cultura e o modelo de gestão da Casas Bahia. O grupo Amigos do Planeta conta com várias ferramentas, desde uma ampla campanha de conscientização, envolvendo frequentes treinamentos dos colaboradores e iniciativas de comunicação, até a própria coleta seletiva de lixo, a partir da qual, plásticos, papéis, papelão, isopor, entre outros materiais, são enviados para uma Central de Triagem - CT construída especialmente para o projeto dentro do centro de distribuição de Jundiaí. A central, que conta com 1.400 m<sup>2</sup> de área, emprega hoje mais de 50 colaboradores da região, entre pessoas que estavam desempregadas, ex-catadores de lixo e deficientes físicos. Segundo a empresa, os materiais recicláveis que são enviados à CT são cuidadosamente separados e prensados em fardos, prontos para serem comercializados.

Para que os materiais sejam transportados até a Central, o programa otimizou a logística da Casas Bahia: os caminhões que abastecem as lojas levam de volta os recicláveis que ficam temporariamente armazenados em tendas nos estacionamentos das filiais participantes do projeto piloto. Além dos recicláveis recolhidos, a equipe de entrega é orientada a praticar a logística reversa de embalagens, ou seja, levar para a Central de Triagem as caixas de papelão, isopor, entre outros materiais, descartados pelos clientes na hora do recebimento das mercadorias.



## 9. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como já exposto anteriormente, o Brasil ainda carece de dados relativos a programas de reciclagem, altamente relacionados com a logística reversa e as empresas ainda não estudam detalhadamente os ganhos financeiros possíveis de se obter com a implantação de um programa de logística reversa, percebe-se no discurso que a palavra custo ainda é mais forte que a palavra lucro quando se trata do tema. A maioria das organizações que utilizam a logística reversa, muitas vezes o fazem em função de obrigações legais e não como uma estratégia competitiva para diferenciar-se e obter resultados, financeiros ou não, com o uso da logística reversa. O tema parece que ainda deve evoluir muito para que se crie uma cultura de educação do uso da logística reversa, não só para fins ambientais, mas sobretudo para melhoria do resultado, diminuição dos custos de produção entre outros aspectos. Acreditamos que quando o aspecto custo for traduzido para fonte de receita as empresas compreenderão melhor a importância da logística reversa como diferencial estratégico.

A análise custo/benefício é um fator fundamental para a implementação de um programa de logística reversa, os principais aspectos que dificultam o retorno dos eletrônicos são estoques, transporte e, principalmente, coleta. Os custos logísticos envolvidos no processo reverso são muito relevantes e podem chegar a inviabilizar a implementação deste tipo de programa. Neste caso, a logística reversa, bem como a recuperação dos resíduos industriais pela captação de sucata de produtos eletroeletrônicos pode auxiliar na redução do impacto causado pela fabricação destes produtos. Como o programa de LR já está em andamento nas Casas Bahia, apresentamos agora à empresa sugestões para que, assim como a Itautec ela possa realizar ações de incentivo ao consumo consciente dos produtos eletrônicos e captação de produtos com ciclo de vida vencido. Sugerimos à empresa uma campanha de incentivo aos consumidores que queiram trocar de equipamentos eletrônicos, mediante a devolução do produto que se pretende descartar. Este incentivo poderia ser dado em descontos na compra de um novo, vale a pena salientar que tal estratégia já foi em outros anos utilizado pela empresa na compra de televisores novos, neste caso estamos sugerindo uma nova campanha se utilizando inclusive de todos os tipos de mídia e mostrar a importância de toda a sociedade se mobilizar, na preservação do meio



ambiente. A empresa possui uma boa estrutura já montada e suas lojas são abastecidas praticamente todos os dias, o que facilitaria a captação dos produtos.

## 10. REFERÊNCIAS

Brasil (02 de agosto de 2010). *L12305*. Acesso em 25 de julho de 2011, disponível em Poder Executivo: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)

Chade, J. (22 de fevereiro de 2010). *O Estadão*. Acesso em 17 de junho de 2011, disponível em O Estadão: <http://www.estadao.com.br/noticias/vidae,brasil-e-o-campeao-do-lixo-eletronico-entre-emergentes,514495,0.htm>

Christopher, M. (1997). *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos - Estratégias para Redução de Custos e Melhoria dos Serviços*. São Paulo: Pioneira.

Itautec 2010 <http://www.itautec.com.br/pt-br/noticias/2010/08/18/itautec-lanca-oguia-do-usuario-consciente-de-produtos-eletronicos>. acesso 25 de julho de 2011.

Layargues, Philippe. O cinismo da reciclagem: o significado ideológico da reciclagem da lata de alumínio e suas implicações para a educação ambiental. LOUREIRO, F.; LAYARGUES, P.; CASTRO, R. (Orgs.) Educação ambiental: repensando o espaço da cidadania. São Paulo: Cortez, 2002, 179-220.

Leite P. R. et al., P. R. (26 de agosto de 2009). *SIMPOI*. Acesso em 25 de agosto de 2011, disponível em Fatores da Logística Reversa que influem no reaproveitamento do lixo eletrônico: [http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009\\_T00166\\_PCN20771.pdf](http://www.simpoi.fgvsp.br/arquivo/2009/artigos/E2009_T00166_PCN20771.pdf)

Leite P. R. (2003). *Logística reversa: meio ambiente e competitividade*. São Paulo: Prentice Hall.

Miguez, E. C. (2010). *Logística Reversa como solução para o problema do lixo eletrônico*. Rio de Janeiro:

QualityMark. RoHs – disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/Rohs>. Acesso em 20 de agosto de 2011.

Tecnologia, U. (22 de fevereiro de 2010). *Reciclagem de lixo eletrônico*. Acesso em 22 de setembro de 2011, disponível em UOL Tecnologia: <http://tecnologia.uol.com.br/ultimas-noticias/redacao/2010/02/22/reciclagem-de-lixo-eletronico-na-usp-aproveita-ate-ultimo-parafuso-de-pcs-antigos.jhtm>

Tresi, Ambiental (22 de fevereiro de 2010). *Tresi Ambiental*. Acesso em 15 de agosto de 2011, disponível em Brasil é o campeão do lixo eletrônico entre os emergentes: [http://tresiambiental.com.br/article.php3?id\\_article=261](http://tresiambiental.com.br/article.php3?id_article=261)