



ESTUDO DOS PRINCIPAIS PARÂMETROS DE CONTROLE E A AÇÃO DA TREALOSE NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DE LEVEDURA DE PANIFICAÇÃO

Claudemar José Trevizam

Claudemar.trevi@ig.com.br

Centro Universitário Padre Anchieta

Camila Molena

Camila.molena@yahoo.com

Centro Universitário Padre Anchieta

Dicesar Correia

dicesar@terra.com.br

Centro Universitário Padre Anchieta

RESUMO

O artigo tem por objetivo apresentar os principais parâmetros de controle no processo de produção de levedura de panificação com uma visão técnica, além da associação acadêmica que o tema possui. O artigo abordou a necessidade de conhecer a principal matéria-prima, o melaço de cana-de-açúcar, bem como o seu preparo para ser utilizado no mosto de fermentação e o custo benefício que o melaço tem em termos de rendimento do processo versus preço da matéria-prima. Concomitantemente estabeleceu-se o papel fundamental da adição de outros nutrientes, tais como vitaminas, elementos traços, nitrogênio, fósforo e oxigênio como ingredientes necessários para o bom andamento do processo de fermentação. Como estudo adicional estudou-se a trealose endógena como principal polissacarídeo de reserva, atuando diretamente no processo de manutenção e conservação e da viabilidade celular. Devido à importância do nível de trealose no ciclo de estocagem da levedura de panificação, estudou-se o método usado na sua determinação e a definição de um método físico-químico aplicável em aulas práticas nas disciplinas ligadas a biotecnologia.

Palavras-chaves: Fermentação, levedura de panificação, trealose, melaço de cana.

ABSTRACT

The aim of this paper is to present the main control parameters in the process of production of bakers' yeast with a technical vision, in addition to the academic association that the theme has. The paper discusses the need to know the major raw material, the sugar cane molasses, as well as your preparation to be used in the wort of fermentation and the cost benefit that the molasses has in terms of process yield versus price of raw material. Concomitantly was established the fundamental role of adding other nutrients, such as, vitamins, trace elements, nitrogen, phosphorus and oxygen as ingredients required for an excellent performance of the fermentation process. As additional study was discussed the endogenous trehalose, as main storage polysaccharide, acting directly in the process of maintenance and conservation of cell viability. Due to the importance of trehalose effect in cycle storage of bakers' yeast, it was studied the method used in its determination and definition of a physico-chemical method applicable and be incorporated in practical classes related to biotechnology.

Keywords: Fermentation, bakers' yeast, trehalose, sugar cane molasses.

INTRODUÇÃO



A tecnologia de produção de levedura para panificação vem de longo tempo evoluindo e as novas técnicas de manipulação genética confirmam esse processo, principalmente pela produtividade apresentada na utilização em massas frescas. Inicialmente o fermento, provenientes de cepas selvagens, era mantido na própria massa do pão. Esta técnica utiliza como inóculo um pedaço de pão já fermentado em uma nova massa para favorecer a propagação da levedura e conseqüentemente crescimento da massa, entretanto é de se esperar que apesar da funcionalidade da técnica, não há garantia da integridade microbiológica da massa, ou seja, não se pode garantir que a massa não se contamine por outras leveduras, bactérias ou bolores presentes no ar. Este método de propagação foi amplamente utilizado até o início do século XIX, sendo substituído pelo uso de cereais, o qual constituiu o ponto inicial para a produção de leveduras em escala industrial.

Os grãos de cereais maltados e não maltados utilizados como fontes de nutrientes não promoveram rendimentos satisfatórios nas fermentações devido a grande produção de etanol em detrimento ao consumo do amido hidrolisado. Alternativas foram investigadas para a produção de leveduras de panificação, como exemplo a utilização de leveduras (pé de cuba) da indústria cervejeira, entretanto não se obtiveram bons resultados nos tempos de crescimento da massa dos pães, já que as características destas leveduras não estavam de acordo com a necessidade dos fabricantes de pães. Nos últimos cem anos houve um aumento da demanda da produção de leveduras, principalmente devido à aceleração do crescimento mundial que desencadeou a busca de novas mudanças nos processos de produção de levedura de panificação.

Entre as alterações estão o uso de melaço de cana-de-açúcar ou de beterraba, uso de ar nas fermentações e a utilização de lotes alimentados. Estas modificações possibilitaram o alcance de altos valores de rendimento nas fermentações e um maior controle de qualidade e estabilidade do produto final. Adicionalmente as novas tecnologias empregadas nos processos de produção de leveduras de panificação possibilitaram um significativo aumento do “shelf-life” (vida útil) do produto, que juntamente com a produção de bebidas fermentadas detém uma importante característica de vanguarda da indústria de biotecnologia, principalmente pelo fato de usar fontes de matérias-primas renováveis e produtos de fácil biodegradação.

O microrganismo utilizado no processo de produção de levedura de panificação é do gênero *Saccharomyces*, caracterizado por ser um fungo unicelular e se diferencia



Revista Engenho, vol.8 – Setembro de 2013

das bactérias por possuir maior dimensão, na faixa de 5 a 8 μm de diâmetro e a maioria se reproduz por fissão ou brotamento (JAY, 2005), também é possível que em condições desfavoráveis a reprodução seja sexuada por esporulação ou por fissão (POSTEN e COONEY, 1991). Essencialmente a levedura *Saccharomyces cerevisiae* é o microrganismo mais indicado no processo de produção de fermento de panificação, principalmente por associar vários atributos intrínsecos à condução da multiplicação celular e geração de biomassa. Entre os requisitos essenciais para o uso industrial estão a capacidade de multiplicação celular na presença de oxigênio, tolerância às grandes variações de temperatura, pH ácido e osmotolerância.

MATÉRIAS-PRIMAS E OS PARÂMETROS DE PROCESSO

A principal matéria-prima utilizada na produção de leveduras é o melão proveniente da cana-de-açúcar ou de beterraba que contempla todas as necessidades como fonte de carbono em mostos de fermentação, além de colaborar com alguns outros nutrientes como minerais, vitaminas, elementos essenciais e nitrogênio orgânico. Apesar de o melão participar com praticamente noventa por cento do meio de fermentação (sem contar com a água) são necessárias outras fontes de nutrientes como o nitrogênio (ureia, amônia ou sais de amônia) e de fósforo (fosfatos ou ácido fosfórico). Adicionalmente para obter altos rendimentos nas fermentações são também necessários meios de incorporação de oxigênio, favorecendo um metabolismo aeróbio em desvantagem do anaeróbio que maximiza a produção de etanol. Normalmente se observa relações de 0,5 a 2,5 volumes de ar por volume de mosto por minuto e alimentação em lotes alimentados com a finalidade de solucionar problemas de repressão catabólica (LIDÉN, 1993).

Após o término do processo de preparação do mosto fermentado, este deve ser separado, lavado, filtrado e então preparado para ser enviado para a etapa da secagem (fermento seco) ou diretamente para o empacotamento do fermento fresco.

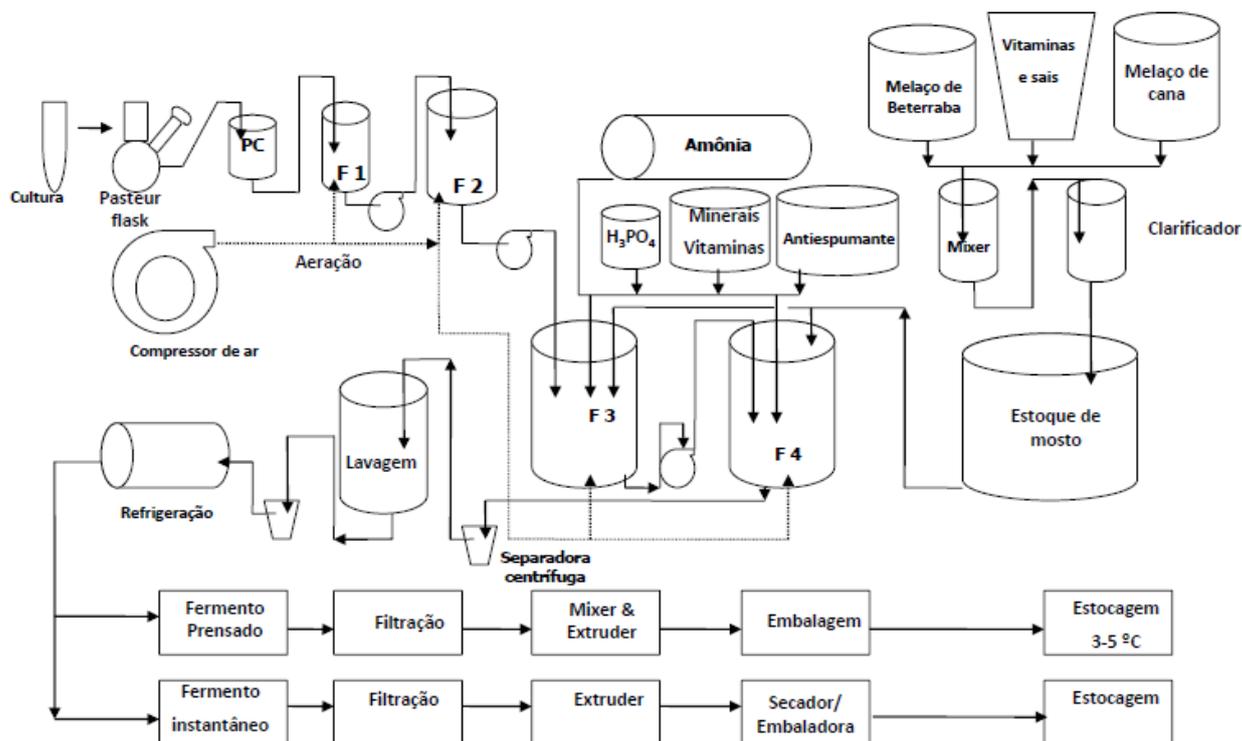


Figura 1: Esquema simplificado das etapas de produção de fermento biológico.

Melaço de cana-de-açúcar e o efeito da aeração

O melaço de cana-de-açúcar possui diversos nutrientes essenciais necessários para o crescimento de leveduras tais como sais minerais, vitaminas e principalmente a sacarose (glicose e frutose) como fonte de carbono. É possível utilizar outras fontes de carbono como o xarope de glicose ou amido, porém é necessária a complementação de outros nutrientes que comparados com o uso do melaço, detentor dos nutrientes essenciais viabiliza o seu uso em termos de substrato completo bem como pelo fator econômico. Se a opção for da utilização de fontes de carbono de amidos, que também é de fácil acessibilidade no mercado é necessário uma etapa de hidrólise antes do preparo da fermentação, já que a levedura utilizada não tem a capacidade de consumir diretamente grandes cadeias carbônicas como a do amido. Adicionalmente as fontes de amido acarretam problemas no processo de diluição ocasionando sérios inconvenientes no preparo do mosto de fermentação.

Quando comparamos o melaço proveniente de cana-de-açúcar e de beterraba, não há grandes diferenças analíticas entres ambos, mas diferenças na utilização no processo existem e estão centradas na diluição e no uso da produção da levedura



instantânea. Existe uma corrente partidária de que o melaço de beterraba é melhor no processo de fabricação de levedura seca instantânea devido à concentração de vitaminas como o pantotenato de cálcio e tiamina, entretanto o melaço de cana de açúcar possui uma maior disponibilidade de biotina que é outra vitamina essencial na propagação de leveduras (Reed, 1973). É condicionado que as vitaminas do complexo B são essenciais para a produção de leveduras de panificação e estão ligadas aos sistemas regulatórios do crescimento celular e sua insuficiência pode causar graves problemas no decorrer da fermentação. Segundo White (1954), melaços com baixo índice de biotina geram baixos rendimentos de processo, alta concentração de etanol ao longo da fermentação e conseqüentemente diminuição do poder fermentativo da levedura. A tabela I abaixo apresenta as principais vitaminas presentes no melaço e a faixa ideal para ser utilizada nas fermentações. Valores abaixo do citado indicam problemas na sua utilização no processo de produção.

Tabela I - Principais vitaminas encontradas no melaço de cana
Vitaminas para 100 gramas de melaço de cana-de-açúcar

Tiamina (B1)	0,04 – 0,08 mg
Riblofavina (B2)	0,10 – 0,20 mg
Niacina (B3)	1,50 – 2,50 mg
Piridoxina (B6)	0,50 – 1,0 mg
Ácido Pantotênico	2,0 – 3,0 mg
Ácido Fólico	20,0 – 50,0 µg
Biotina	40,0 – 55,0 µg

Fonte: Adaptado de Reed (1991)

Normalmente as vitaminas adicionadas no mosto de fermentação são o pantotenato de cálcio e a tiamina e os valores variam respectivamente de 1,5 a 2,5 e 0,5 a 1 kg de vitamina por vinte e cinco toneladas de melaço bruto (White, 1954). Estas vitaminas desempenham um papel fundamental na qualidade final e no poder fermentativo do produto. Na realidade a utilização de cada melaço está mais relacionada com a disponibilidade de matéria-prima do que o seu melhor aproveitamento, já que a indústria de levedura depende da compra do melaço proveniente das usinas de cana-



açúcar. Não são todas as regiões do mundo que possuem fontes de produção de melão de cana e de beterraba, por isso está clara a necessidade de conhecer a fundo cada uma das características físico-químicas com a finalidade de adequar a matéria-prima ao processo de fermentação.

As características dos melões de cana produzidos no Brasil dependem muito da região e do processo de extração nas usinas de açúcar. Normalmente o melão possui uma faixa de 80 a 90 graus Brix (sólidos solúveis) e estas variações são imprescindíveis para a garantia do tempo de armazenamento da matéria-prima. Melões com valores de Brix abaixo de setenta e nove estão mais susceptíveis à contaminação microbológica e consequente perdas das características necessárias para o uso nas fermentações.

O valor de Brix também está diretamente relacionado com o valor de ART (Açúcares Redutores Totais) presentes no melão. A faixa de ART que normalmente é encontrada nos melões do Brasil é de cinquenta e cinco a sessenta e cinco por cento o que impacta diretamente no rendimento das fermentações. Os principais açúcares redutores presentes no melão de cana são setenta por cento peso/peso e produtos de sua hidrólise, glicose (15 %) e frutose (15%) (REED, 1973). Todos estes açúcares são utilizados pela levedura como fonte de carbono, preferencialmente na ordem glicose, frutose e sacarose e sem dúvida com a atividade da invertase pela levedura é relativamente alta fica fácil entender que em um meio fermentativo encontramos glicose e frutose em baixa concentração de sacarose.

Essas diferenças certificam a necessidade dos fabricantes de leveduras de panificação a gerenciar um mix de estoque e padronizar o uso no processo com o objetivo de padronização do uso de açúcares no processo. Teoricamente quanto maior é o valor de ART no melão menor é a quantidade de melão que se utilizará em uma fermentação e consequentemente se tem uma diminuição do fator de uso de melão por tonelada de levedura produzida, porém segundo White (1954) a principal característica observada em um melão adequado para a produção de leveduras de panificação está na relação da variação os açúcares redutores totais com a concentração das demais substâncias presentes no melão. Esta relação se dá o nome de balanço de melão o qual pode ser corrigido através da adição de quaisquer outras substâncias (vitaminas, sais minerais, nitrogênio e fósforo).

A proporção de cinzas no melão constitui um ponto importante a se considerar, pois este valor indica a concentração de sólidos, de maneira geral pode estar relacionada



com a quantidade de sais presentes no melaço e este conhecimento é de extrema importância para compor o mix de sais a serem adicionados ao mosto de fermentação. São recomendados melaços balanceados com relação de ART/Cinzas entre 6-9 e que isto ainda não garante bom desempenho no processo e outras relações, ART, cinzas, vitaminas e micro nutrientes devem privilegiar o blend (mistura) de melaço a serem usados na alimentação do processo (White, 1954).

De modo similar às vitaminas, a presença de metais (elementos traços) é fundamental para o crescimento das leveduras. Normalmente as concentrações típicas encontradas nos melaços de cana são suficientes para a propagação das leveduras, entretanto quando os valores ultrapassam as concentrações ideais podem ser prejudiciais no desenvolvimento da cepa no meio de cultura. Alguns metais como o cádmio, cobre prata, mercúrio e paládio são elementos altamente tóxicos e prejudiciais ao crescimento da levedura. Segundo Reed (1973) é curioso destacar que com a presença de cobre em baixa concentração (10-15 ppm) se observa uma melhora na manutenção da produção de etanol durante as primeiras horas da etapa aerada da fermentação. Já o cobalto, lítio, níquel, cromo, arsênio e estanho são moderadamente tóxicos e são encontrados não somente no melaço, mas no caso do níquel, cromo, e estanho são encontrados nos equipamentos utilizados nos processos de produção de leveduras. Apesar de o selênio apresentar certa toxicidade para o crescimento da levedura as matérias-primas utilizadas no processo não são fontes comuns do metal e, portanto não comprometem a fermentação. Entre os elementos pouco tóxicos estão o chumbo, zinco, ferro, alumínio, tungstênio, molibdênio, manganês, cloro, bromo e o bário que em concentrações abaixo de 500 ppm não prejudicam o processo fermentativo.

Os elementos essenciais que desempenham papel fundamental na obtenção de leveduras com boa performance no uso em panificação, estão o cálcio, magnésio, potássio, sódio, enxofre e fósforo e devem ser usados na concentração de 30 ppm (Reed,1973).

Tabela II - Principais metais encontrados no melaço de cana

Metais em 1 kg de melaço	
Ferro	0,3 - 0,5 g
Cobre	3,0 - 7,0 mg
Cálcio	0,3 - 0,7 g



Potássio	1,2 - 2,7	g
Magnésio	0,2 - 0,4	g
Sódio	0,1 - 0,8	g
Zinco	2,5 - 6,0	mg
Magnésio	20 - 48	mg
Cobalto	0,1 - 0,2	mg

Fonte: Adaptado de Reed (1991)

Com relação aos resíduos de pesticidas (normalmente organoclorados) utilizados na plantação da cana, mesmo em concentrações inferiores a um ppm, são extremamente prejudiciais ao processo de fermentação (Reed, 1973).

Os parâmetros físico-químicos do melaço de cana devem ser considerados, pois constituem a principal matéria-prima do processo fermentativo. Alguns autores (White, 1954 e Reed, 1973) ressaltam que a etapa de clarificação do melaço é imprescindível para a produção de fermento, indicando que as contaminações do fermento com lama proveniente do melaço são prejudiciais para o poder fermentativo, coloração e keeping test (durabilidade em condições adversas) do produto final. Alguns métodos podem ser utilizados para a clarificação de melaço, desde a precipitação de fosfato de cálcio através da adição de ácido fosfórico e consequente utilização de método físico de separação como o uso de centrífugas e filtros.

Apesar da alta eficiência na retirada de lama os métodos químicos de precipitação para a clarificação de melaço tendem a não serem escolhidos pelo fato da alteração de pH do melaço diluído, necessitando de correção posterior. Em um melaço de cana diluído na faixa de 45 – 55 graus Brix possui pH entre 5,5 a 6,5 e tem um papel essencial na manutenção do perfil de pH a ser desenvolvido durante o processo fermentativo, principalmente quando avaliamos em conjunto com a acidez do melaço que determina o poder tamponante do melaço alimentado no processo. Valores baixos de até 3 mL NaOH por 100 gramas de melaço indicam que pequenas variações são facilmente detectadas mediante à análise do perfil de pH da fermentação e em contrapartida níveis entre 3 a 7 mL NaOH por 100 gramas de melaço tendem a resultar em perfil de pH próximo ao valor tamponante do melaço (4 – 4,5 pH), que sem dúvida causa problemas de queda do pH no meio fermentativo, necessitando de correções (REDD, 1973). Outro parâmetro importante a controlar é o anidrido sulfúrico (presentes no melaço pela adição de enxofre no processo de fabricação de açúcar), pois em



concentrações acima de 5 ppm é razoavelmente tóxico para as leveduras (WHITE, 1954).

O suplemento de ar desempenha papel fundamental no processo de propagação de leveduras de panificação, principalmente quando se busca alto rendimento. O metabolismo da levedura, nas etapas crescimento e fermentação podem ser explicados pelo Efeito Pasteur, metabolismo fermentativo, onde a geração de etanol é inibida pela presença de oxigênio e assim as células utilizam as vias metabólicas oxidativas, racionalizando o consumo de glicose e como consequência ocorre um maior crescimento celular (LIDÉN, 1993). Do outro lado tem-se o Efeito de Crabtree, que mesmo em condições de intensa aeração a levedura segue o metabolismo fermentativo de geração de etanol em presença excessiva de glicose (CROCOMO e GUITIERREZ, 1975; LIDÉN, 1993).

Trealose

Quanto à estrutura, a trealose é um dissacarídeo não redutor formado por duas unidades de glicose. Na síntese da trealose ocorre primeiro a formação da trealose-6-fosfato, proveniente da UDP-glicose e glicose-6-fosfato, mediante a ação da enzima trealose-6-fosfato sintetase. Em uma segunda etapa ocorre a remoção do grupo fosfato pela enzima trealose-6-P-fosfatase e consequente formação da trealose (LELOIR; CABIB, 1953). De acordo com (PANEK, 1990) a levedura de panificação, *Saccharomyces cerevisiae*, possui a habilidade de acumular polissacarídeos tais como o glicogênio e a trealose, os quais exercem papel fundamental no processo de manutenção da célula, principalmente quanto à viabilidade celular e a utilização como carboidrato de reserva. Isto é evidenciado por (THEVELEIN, 1984) quando afirma que durante a fase de não multiplicação, a sobrevivência da célula está diretamente relacionada ao nível de trealose e de glicogênio. Portanto a principal função da trealose é a proteção das células durante as etapas de estresse, reiterada por (WIENKEN, 1990) quando menciona que a proteção é estabelecida sobre os componentes do citossol no momento em que a levedura é submetida às condições adversas, tais como aumento de temperatura, secagem e mudança na concentração de etanol do meio de fermentação.

O binômio índice de trealose endógena e a viabilidade celular são verificados em cepas de leveduras osmotolerantes quando submetidas às condições de estresse intenso (AMORIM et al, 1989), justificando o aumento forçado de temperatura no final das



fermentações de produção de levedura de panificação com o objetivo de aumentar a reserva de trealose no interior das células e consequente aumento da estabilidade do fermento armazenado a temperaturas de 4 a 15 °C (SUOMALAINEN e PFAFFLI, 1961). Segundo Lillie e Pringle (1980), o aumento da disponibilidade de nitrogênio assimilável no mosto de fermentação fornece menor acúmulo de trealose, fazendo com que as leveduras direcionem glicose para a síntese de aminoácidos e proteínas reduzindo o acúmulo de trealose e assim, não é interessante no processo de produção de fermento, já que um maior teor de trealose é interessante em termos comerciais na cadeia de conservação de levedura fresca ou no processo de secagem para a levedura instantânea. Para o processo de produção de levedura de fermentação é importante o entendimento do mecanismo de biossíntese da trealose já que funciona como estrutura fundamental na proteção da célula de levedura quando submetida às condições de congelamento e descongelamento e de hidratação e desidratação. Um mecanismo aceito é que a trealose interage com estruturas polares das cadeias fosfolipídicas da membrana da célula da levedura e assim ocuparia a molécula da água que está ligada a parte polar dos fosfolipídios quando em condições estáveis de processo e seria perdida em condições desfavoráveis. O espaço entre as estruturas dos fosfolipídios é preenchido pela trealose, impossibilitando a separação lateral dos componentes da membrana.

Este modelo explica o fato de não ocorrer passagem da fase fluida para a fase gel da membrana com consequente manutenção da integridade e a viabilidade celular. Adicionalmente (Crowe *et al.* 1991) menciona o fato de que a formação de trealose nas leveduras de panificação é favorecida nos processos aeróbios em relação aos anaeróbios e assim confirmam os estudos realizados por Hottinger *et al.* (1992), onde as células de *Saccharomyces cerevisiae* acumulam trealose quando são submetidas a uma variação de temperatura na faixa de 30 para 38°C.

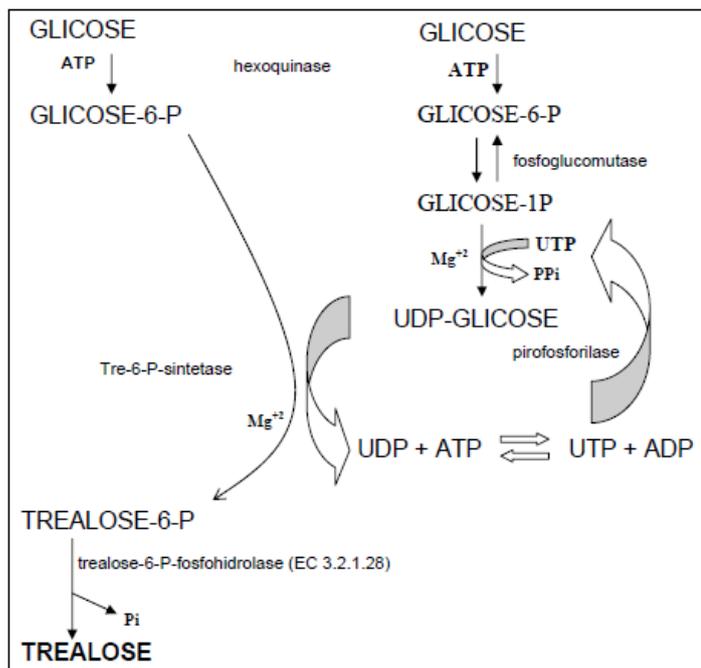


Figura 2-Esquema da biossíntese da trealose.

Fonte: Rose & Harrison,1971,pag. 422

Abaixo segue a figura 3 mostrando a ação de proteção da trealose no processo de secagem da levedura de panificação.

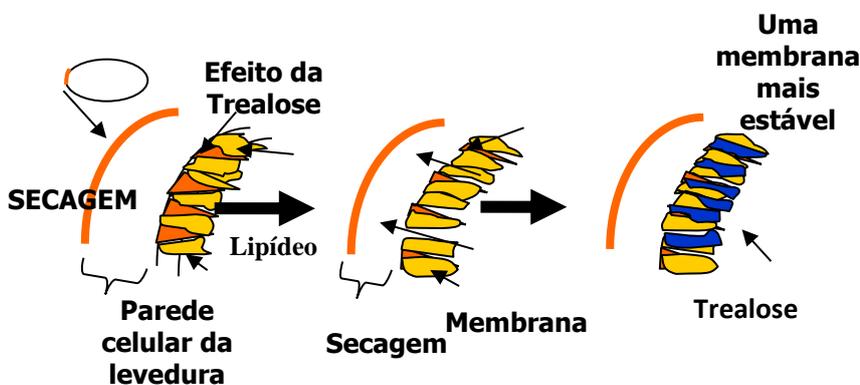


Figura: Efeito da trealose no processo de secagem da levedura.

MATERIAIS E MÉTODOS

Método I de determinação de trealose em leveduras

Preparo da amostra e determinação da trealose por reação colorimétrica

- Pesar 15 mg de massa seca de levedura (fermento biológico ou creme de levedura);
- Adicionar à massa seca 2 mL de solução de ácido tricloroacético 0,5 mol/L;

- Manter em banho de gelo por 20 minutos;
- Em seguida centrifugar a 700g, durante 5 minutos (em centrífuga Excelsa Baby da Fanem);
- Adicionar aos tubos de ensaio contendo os extratos centrifugados os reagentes antrona (500mg/L) e tiuréia (10g/L) em meio sulfúrico (75% ácido sulfúrico P.A. e 25% de água destilada);
- Sem seguida realizar a leitura a 600 nm em espectrofotômetro;
- Comparar com uma solução padrão de glicose dissolvida em água destilada; (200µg/mL) e os resultados são expressos em gramas de trealose contidas em 100g de massa seca de levedura.

Método II para quantificação enzimática de trealose em levedura

Preparo de Soluções e o Padrão de Trealose(estérel)

- Preparar uma solução tampão de Maleato 0,05 M pH 6,0
- Preparar uma solução salina estérel (8,5 g de NaCl para 1000 mL com água destilada);
- Pesar 50 mg de trealose e avolumar para 50 mL.

Primeira etapa - Curva padrão

- Usar a solução padrão de trealose e transferir para seis tubos de ensaio, numerando-os da seguinte maneira: Branco 1, 10, 20, 30, e 40 em µl.
- Acrescentar a cada tubo 35 µl de enzima trealase e completar o volume até 500 µl com tampão maleato.
- Incubar a 37° C por 40 minutos e adicionar a cada tubo um ml de solução de glicose GO/P.
- Incubar novamente a 37° C por 30 minutos.
- Fazer leitura da absorbância em espectrofotômetro em comprimento de onda de 470 nm,

Tabela III: Valores de concentração de trealose



Volume de trealose padrão (μl)	Concentração de trealose (mg/ml)
0	0
10	6,7
20	13,3
30	20
40	26,7

Fonte: Adaptado de Parrou (1997)

Extrato celular a partir de levedura fresca

- Pesar em tubo de vidro de fundo chato 1,5 g de pérolas de vidro e 400 mg de levedura, ressuspender em 700 μl de tampão maleato.
- Romper as células usando vortex e manter a incubação em gelo.
- Transferir para tubo Eppendorf e incubar aproximadamente a 70° C por 5 minutos e resfriar a amostra em banho de gelo.
- Centrifugar a 13500 g por 5 minutos; coletando o sobrenadante.
- Diluir 10 vezes em tampão maleato (10 μl de amostra em 90 μl de tampão).
- Utilizar 15 μl para análise de trealose.

Análise de Trealose

- O procedimento tem duas etapas, a transformação de trealose em glicose e uma segunda na quantificação da glicose formada.
- Separar dois tubos de ensaio da seguinte forma: A (amostra), Branco (B).
- Adicionar no tubo A 15 μl da amostra, 450 μl de tampão Maleato e 35 μl da enzima trealase;
- Adicionar no tubo B 465 μl de tampão Maleato e 35 μl da enzima trealase;
- Incubar a 36° C por 45 minutos e adicionar um ml de solução de glicose oxidase/peroxidase a cada um dos tubos;
- Incubar novamente os tubos a 36° C por 35 minutos e fazer a leitura em espectrofotômetro à absorvância de 470 nm utilizando o branco como referência.

Resultado

Cálculo da concentração % p/p de trealose em base seca:

$$\%p/p = \{(1,5 \times fd \times Abs)/(1000 \times M \times I)\}/(1-umidade) \quad (1)$$

Onde:

I = coeficiente de inclinação da curva padrão

M = massa de células utilizadas na análise expressa em mg

Umidade = fração de 1 (obtida pelo método de Karl Fischer)

fd = fator de diluição: 70.000 para levedura fresca

1,5 = correção para o volume total de reação

CONCLUSÃO

A ideia principal do artigo foi apresentar os principais parâmetros de controle no processo de produção de levedura de panificação de forma sucinta, explorando a vivência profissional na área aliada à visão acadêmica. Paralelamente procurou-se associar ao estudo, a formação e a importância da trealose como parâmetro essencial de controle nos processos fermentativos para a produção de fermento de panificação via *Saccharomyces cerevisiae*, já que o acúmulo da trealose pela levedura proporciona uma maior viabilidade celular, principalmente quando o microrganismo passa por estresse devido à diferença de temperatura de estocagem ou por processos alternativos, tais como secagem e a liofilização.

Nos processos fermentativos citados é necessária a determinação da taxa de trealose e, portanto dois métodos analíticos foram estudados para dosar a quantidade presente em qualquer amostra, seja durante o processo ou no produto acabado. Concomitantemente o estudo dos métodos de determinação de trealose por espectrofotometria foi focado na viabilidade do seu uso em aulas práticas em disciplinas ligadas à Biotecnologia. Entre os dois métodos estudados o mais prático é o de extração do material intracelular com solução de ácido tricloroacético com posterior reação colorimétrica com antrona e tiuréia em meio de ácido sulfúrico. O próximo passo sugere então, a aplicação do método selecionado para ser desenvolvido em aulas práticas pelos alunos e, assim criar um banco de dados referentes à análise de trealose nos processos e produtos derivados de levedura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, H.V.; OLIVEIRA, A.J.; BASSO, L.C.; GALLO, C.R. Processos de fermentação alcoólica, seu controle e monitoramento. Piracicaba: Centro de Biotecnologia Agrícola, 1989.



ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis, 15. ed. AOAC, Arlington, Va, 1990.

CROWE, J.H.; PANEK, A.D.; CROWE, L.M.; PANEK, A.C.; ARAÚJO, P.S. Trehalose transport in yeast cell. *Biochemistry International*, v.24, n.4, p.721-730, 1991.

CROCOMO, O.J. e GUTIERREZ, L.E. Caminhos metabólicos. In: **BORZANI, W., SCHMIDELL, W.; LIMA, U.A., AQUARONE, E.** *Biotecnologia Industrial*, vol. 1: Fundamentos, Editora Edgard Blücher Ltda, São Paulo, 2001.

GRBA, S.; OURA, E.; SUOMALAINEN, H. On the formation of glycogen and trehalose in baker's yeast. *European Journal of Applied Microbiology*, v.2, 1975.

GUTIERREZ, L.E. Acúmulo de trealose em linhagens de *Saccharomyces* durante fermentação alcoólica. *Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"*, v.47, n.2, p.597-608, 1990.

HOTTINGER, T.; DE VIRGILIO, C.; BELL, W.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A. The 70-Kilodalton heat-shock proteins of the SSA subfamily negatively modulate heat-shock-induced accumulation of trehalose and promote recovery from heat stress in the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *European Journal of Biochemistry*, v.210, n.1, p.125-132, 1992.

JAY, J.M. *Microbiologia de Alimentos*. 6ª ed. Editora Artmed, 2005.

LEILOIR, LF ; CABIB, E. The enzymic synthesis of trehalose phosphate. *Journal of the American Chemical Society*, Easton, v.75, p.5445-5446, 1953.

LIDÉN, G. On-Line Monitoring Techniques for the Study of Yeast Physiology. Some Studies on the Yeasts *Pichia stipitis* and *Saccharomyces cerevisiae*. Department of Chemical Reaction Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Dinamarca, 1993. (Tese de Doutorado).

LILLIE, S. H. e PRINGLE, J. R. Reserve carbohydrate metabolism in *Saccharomyces cerevisiae*: responses to nutrient limitation. *Journal of Bacteriology*, v. 143, 1980.

PANEK, A. D. e PANEK, A. C. Metabolism and thermo-tolerance function of trehalose in *Saccharomyces cerevisiae*: a current perspective. *Journal of Biotechnology*, v. 14, p. 229-238, 1990.

PARAZZI, J.O. Metabolização de açúcares em linhagens de *Saccharomyces cerevisiae* com e sem transportador de sacarose e diferentes atividades de invertase, 41p, 2006. Tese (mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz; Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.

PARROU, J.L.; FRANÇOIS, J. *Anal. Bioquímica*. 248, 186, 188. 1997.



POSTEN,C.H.; COONEY,C.L. Growth of microorganisms. In: **REHNM,H.J.** et al. 2.ed. Weinheim: VCH Verlag (Biotechnology-A Multi-Volume Comprehensive Treatise, v.1), 1991.

REED,G.;PEPPLER,H.J. Yeast Technology, The Avi Publishing Company, 1.ed, WestPort, Connecticut, 1973.

REED,G.;NAGODAWITHANA,W.T. Yeast Technology, Van Nostrand Reinhold, 2.ed. 1991.

ROSE, A. H.; HARRISON, J. S. The Yeasts: physiology and biochemistry of yeast, London: Academic Press, v.2, 475p., 1971.

SUOMALAINEN, H.; PFAFFLI, S. Changes in the carbohydrate reserves of baker's yeast during growth and on standing. Journal of the Institute of Brewing, v.67, p.249-254, 1961.

THEVELEIN, Regulamento JM de metabolização da energia em fungos. Microbiol.Rev., 48: 42-59, 1984.

WIEMKEN, A. Trehalose in yeast: stress protectant rather than reserve carbohydrate. *Antonie van Leeuwenhoek*, v. 58, p. 209-217, 1990.

WHITE,J. Yeast Technology, John Wiley and Sons Inc., 1.ed., New York, 1954.



DIFICULDADES PARA IMPLEMENTAÇÃO DE SISTEMAS DE GESTÃO AMBIENTAL (SGA) NO BRASIL

Erivelto Heliton Bolonhese

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

Jonh Dalton de Castro Martins

Centro Universitário Padre Anchieta, Jundiaí, SP, Brasil

RESUMO

A pesquisa busca apresentar um breve panorama sobre o processo de implementação do Sistema de Gestão Ambiental (SGA) em acordo com a norma ISO 14001 de algumas empresas do Brasil, de forma a apresentar informações pertinentes sobre o processo de implementação do SGA. Este trabalho não é delimitado por região, nem por setor empresarial, mas por empresas certificadas. Através de um questionário buscou conhecer o grau das principais dificuldades na adesão do SGA. As dificuldades que obtiveram os maiores percentuais foram: os investimentos financeiros e providenciar as documentações necessárias para a implementação do SGA. Na pesquisa as Pequenas e Médias empresas (PME) encontraram mais dificuldades em implementar o SGA.

Palavras-Chave: Sistema de Gestão Ambiental. ISO 14001. Certificação Ambiental.

ABSTRACT

The research aims to present a brief overview of the process of implementation of the Environmental Management System (EMS) in accordance with ISO 14001 some companies in Brazil, in order to provide relevant information on the implementation process of the EMS. This work is not restricted by region or by business sector, but by certified companies. Through a questionnaire sought to ascertain the degree of the main difficulties in joining the EMS. The difficulties that had the highest percentages were: financial investments and provide the documentation necessary for the implementation of the Small and Medium Enterprises (SME). EMS in the survey found more difficulties in implementing the EMS.

Keywords: Environmental Management System. ISO 14001. Environmental Certification.

INTRODUÇÃO

Diante do crescimento desenfreado da sociedade e de sua relação predatória com natureza, tem gerado grandes problemas ambientais, onde em sua maior parte causado pelas indústrias, isso vem fazendo com que os cidadãos se tornem cada vez mais exigentes, não só em relação à qualidade dos produtos e serviços que adquirem e lhe são prestados, mas também estão interessados nos problemas ambientais.

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) pode ser uma maneira de adequação ao desenvolvimento sustentável, esse sistema identifica e planeja ações para reduzir os impactos sobre o meio ambiente causados por suas atividades.

Devido à importância do Sistema de Gestão Ambiental para as empresas e para o meio ambiente, a Norma ISO 14001 está ganhando força, mesmo sendo uma das normas internacionais de caráter voluntário foi desenvolvida para auxiliar a gestão das organizações e equilibrar seus interesses econômico-financeiros com os impactos gerados por suas atividades (Seiffert, 2007).

A implementação do Sistema de Gestão Ambiental com base na Norma ISO 14001 é de fundamental importância devido ao constante aumento do interesse populacional em comprar produtos com menor impacto ao meio ambiente, optando por adquirir de empresas que assumiu responsabilidade com o meio ambiente (Seiffert, 2007).

No Brasil, a preocupação com o meio ambiente é crescente e muitas empresas estão obtendo certificações internacionais para seus produtos e/ou SGA. Ainda que a nossa realidade seja muito distinta da dos países desenvolvidos, tem-se buscado uma série de oportunidades ligadas à gestão ambiental, mostrando que existem caminhos alternativos para um crescimento econômico sem destruição dos recursos naturais.

A implementação de um Sistema de Gestão Ambiental baseado na ISO 14001 por uma empresa pode ser vista como uma inovação, uma vez que é um processo que exige mudança comportamental e organizacional (Abreu, 1995). O desafio para garantir o sucesso de um SGA é, justamente, o de adequá-lo às características e cultura da empresa.

Com base nas informações obtidas no desenvolvimento desta pesquisa, as principais dificuldades para implementação de um Sistema de Gestão da Ambiental foram: falta de apoio da alta direção; falta de flexibilidade regulamentar; custos de certificação; falta de compreensão dos requisitos da ISO 14001; falta de tempo para a implementação do SGA; incerteza quanto a



Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
reconhecimento do SGA pelas autoridades competentes; falta de pessoal para a gestão e implementação do SGA.

O problema investigado neste trabalho consiste em identificar as principais dificuldades organizacionais para a implementação do SGA, com intuito de contribuir com a otimização dos recursos e redução dos custos das empresas, além de contribuir com o enriquecimento de estudos na área.

HISTÓRICO DO SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL

O conceito de gestão ambiental passou por profundas transformações ao longo dos últimos quarenta anos. Durante as décadas de 70 e 80 que surgiu o conceito de desenvolvimento sustentável, que permite a utilização dos recursos naturais de que temos necessidade hoje, porém sem comprometermos a utilização desses mesmos recursos pelas gerações futuras (Moura, 2008). Como resultado da preocupação global com a conservação do meio ambiente em 1987 foi firmado o relatório das Nações Unidas e intitulado “Nosso Futuro Comum”, foi introduzido o conceito de desenvolvimento sustentável, incitando algumas indústrias a desenvolverem sistemas de gestão ambiental mais eficiente (Moura, 2008). Já na década de 90, houve um grande impulso com relação à consciência ambiental, onde em 1992, 179 países reuniram-se no Brasil para a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento Sustentável, ficando conhecida como Eco 92 ou Rio 92.

A Série ISO 14000

A ISO (International Organization for Standardization), ou Organização Internacional para Normalização é uma organização não governamental, fundada em 1947, com sede em Genebra, na Suíça, e está presente em mais de 120 países. A entidade que atua no Brasil como representante da ISO é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), criada em 1940 e constituída de 28 Comitês por área de atividade (Associação, 2004).

Segundo Valle (2000), para evitar problemas que poderiam ser ocasionados ao comércio internacional pela proliferação de diversas normas sobre sistemas de gestão ambiental, a ISO criou, em 1993, o comitê técnico TC 207, incumbido de elaborar normas internacionais que assegurem essa abordagem sistêmica à gestão ambiental e possibilitem a certificação das organizações e dos produtos que as cumpram.



O comitê técnico TC 207 foi dividido em seis subcomitês (SC) técnicos e um grupo de trabalho (comitê coordenador), sendo os subcomitês: SC 1 – Sistemas de Gestão Ambiental; SC 2 – Auditoria Ambiental; SC 3 – Rotulagem Ambiental; SC 4 – Avaliação de Desempenho Ambiental; SC 5 – Análise de Ciclo de Vida; SC 6 – Termos e Definições.

Através da experiência adquirida com a elaboração das normas da série ISO 9000 (SGQ) e influenciada pela decisão de alguns países em criar suas próprias normas de gestão e certificação ambiental. Em 1996, a ISO oficializou, com base na BS 7750, as primeiras normas da série ISO 14000, estabelecendo as diretrizes para a implementação do sistema de gestão ambiental e para avaliação e certificação destes sistemas, com metodologias uniformes e aceitas internacionalmente, estas podem ser aplicadas a todos os tipos e partes de organizações, independente das condições geográficas, culturais e sociais (Morilhas, 2007).

Comparando com a ISO 9000, verifica-se que a ISO 14000 é mais abrangente, pois além de prever a certificação das instalações das empresas e suas linhas de produção, no sentido de cumprirem os requisitos de qualidade da produção, também possibilita a certificação dos próprios produtos que satisfaçam os padrões de qualidade ambiental (Valle, 2000).

Conforme cita Moraes (2011) na implementação da série das normas ISO 14000, encontramos enfoques de aplicação na gestão ambiental nas organizações, ou seja, podemos encontrar dois grupos: 1- Organização e 2 - Produto/ processo.

Quadro 01: Alguns grupos e respectivas normas ABNT da série ISO 14000.

GRUPO		NORMA ABNT SÉRIE ISO 14000
ORGANIZAÇÃO	Sistemas de Gestão Ambiental	NBR ISO 14001:2004 NBR ISO 14004:2007 NBR ISO 14063:2009 NBR ISO 14064:2007 NBR ISO 14050:2004
	Avaliação de Desempenho Ambiental	NBR ISO 14031:2004
	Auditoria Ambiental	NBR ISO 19011:2002 NBR ISO 14014:2003
Produto e Processo	Rotulagem Ambiental	NBR ISO 14020:2002 NBR ISO 14021:2004



		NBR ISO 14024:2004
	Avaliação do Ciclo de Vida	NBR ISO 14040:2009 NBR ISO 14044:2009

Fonte: Baseado em Moraes, 2011.

A Norma ISO 14001

A Norma NBR ISO 14001 especifica os requisitos para a implementação de um sistema de gestão ambiental, que forneçam às organizações os elementos efetivos que possam ser integrados com outros requisitos gerenciais, para auxiliar no alcance dos alvos ambientais e econômicos. Ela habilita uma organização a estabelecer e avaliar a efetividade de procedimentos para definir uma política ambiental e os objetivos a atingir suas conformidades. O propósito geral da norma é apoiar a proteção ao meio ambiente e a prevenção da poluição em equilíbrio com as necessidades socioeconômicas (Associação, 2004).

A ISO 14001 também declara ser aplicável a qualquer organização que deseje:

- - Implementar, manter e melhorar o sistema de gestão ambiental;
- - Certificar se estiver em conformidade com sua política ambiental declarada;
- - Demonstrar esta conformidade a outros;
- - Solicitar certificação do sistema de gestão ambiental por uma organização externa e
- - Assumir o compromisso e fazer declaração de conformidade com a norma.

A Implementação do SGA Conforme o Padrão Normativo ISO 14001

A ISO 14001 é uma norma flexível e pode ser implementada em empresas públicas e privadas, de pequeno porte a grandes multinacionais, em todos os ramos e segmentos. Surge como um instrumento de gerenciamento ambiental comum para as empresas, sendo esta uma resposta para as exigências da lei, do mercado, mas principalmente uma alternativa de implementar a gestão ambiental eficaz nas empresas (Associação, 2004).

Embora existam muitas empresas que parecem ignorar a questão ambiental, observa-se que este cenário começa a mudar significativamente nos dias atuais. Ocorre o aumento da conscientização ambiental entre consumidores e poder legislativo e, com isso, um estímulo



Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
 maior para uso de técnicas de controle para a questão ambiental das organizações, gerando um aumento no número de certificação conforme a norma ISO 14001.

O SGA apresenta-se como um processo estruturado que possibilita a melhoria contínua, apesar da adoção e a implementação de formas sistemáticas de gestão ambiental que podem proporcionar excelentes resultados a todas as partes envolvidas, porém não existe garantia de que os resultados ambientais em nível de excelência sejam realmente alcançados.

Diante da questão da implementação de SGA, a norma ISO 14001 (e série) tem-se apresentado como um novo elemento no panorama gerencial das organizações. Logo, a tendência mundial atual é buscar a melhoria no processo de gestão ambiental, a qual deixou de ser somente uma função complementar das operações empresariais. Dessa forma, para muitas empresas a gestão ambiental tornou-se uma questão estratégica, e não somente uma questão de atendimentos aos requisitos legais.

Tabela 01: Evolução do n° de empresas certificadas pela ISO 14001 no Brasil.

ANO	N° DE CERTIFICAÇÕES ISO 14001
1998	88
1999	100
2000	200
2001	350
2002	600
2003	1000
2004	1500
2005	2000
2006	2300
2007	2800
2008	3200
2009	3800
2010	4000
2011	5000

Fonte: Revista

A questão ambiental nas empresas tem sido analisada não só pelos órgãos ambientais e pelo mercado, mas também pelos clientes e consumidores. O comportamento dos clientes e consumidores passa a ser um elemento chave neste processo estratégico das empresas, pois são os mesmos que ajudam a sustentar a organização a qual adquiriu o produto. Sendo assim, as empresas constataram a importância dada pelos seus clientes e consumidores à qualidade ambiental (Seiffert, 2007).

É importante ressaltar que na idealização da implementação de um Sistema de Gestão Ambiental em uma empresa deve obrigatoriamente considerar todos os setores envolvidos com a questão ambiental, já que o setor ambiental não é isolado do restante da organização. Com isso é de grande importância que ocorra a interação do setor responsável pelas ações de meio ambiente com os demais setores da empresa, envolvendo desde aquisição de matéria-prima para a produção até o setor de vendas de uma organização, sendo que o objetivo desta relação é buscar uma integração profissional responsável e com harmonia de interesses e foco nos resultados.

Fatores que Motivam a Certificação Ambiental – ISO 14001

A certificação ambiental em conformidade com a ISO 14001 tem proporcionado às empresas uma ótima oportunidade não só de cumprir com os requisitos legais, como também de se tornar mais competitiva e de melhorar seu desempenho ambiental, aumentando também os lucros da empresa (Moura, 2008).

Alguns dos benefícios obtidos com a implementação da ISO 14001 na melhoria do desempenho ambiental abrangem especialmente três enfoques: benefícios para o processo; benefícios para o produto e benefícios gerais para a organização.

Benefícios para o Processo

A implementação eficaz dos Sistemas de Gestão Ambiental pode contribuir com a redução da perda de produtos e os custos da produção. A certificação também aumenta a satisfação do cliente e facilita a venda de produtos e a introdução destes em novos mercados, uma vez que são comprovadamente projetados e fabricados de acordo com as expectativas do mercado consumidor;



Benefícios para o produto

O produto com a certificação da ISO 14001 pode oferecer uma maior confiança e ser um meio eficaz através do qual o consumidor pode identificar os produtos que são controlados e testados conforme as normas nacionais e internacionais. A certificação assegura uma relação favorável entre qualidade e preço, proporciona a garantia de troca e consertos e permite a comparação de ofertas. E ainda, se a marca é conhecida e procurada, se evita a competição desleal, impedindo a importação e consumo de produtos de má qualidade.

Benefícios gerais para a organização

Em resposta às crescentes pressões ambientais, as organizações certificadas melhoram sua imagem perante o mercado, obtendo vários benefícios relacionados com as exigências atuais de: instituições financeiras e governos (maiores facilidades de crédito e incentivos); companhias de seguro (planos mais atrativos); acionistas (maior valorização dos negócios da empresa); mercado (menos barreiras comerciais); clientes (maior confiança e credibilidade); funcionários, ONGs e da comunidade em geral (Serviço, 2004).

Além dos benefícios proporcionados às muitas partes interessadas, observa-se atualmente um crescimento dos requisitos legais, onde seu cumprimento é obrigatório, independente das empresas terem ou não um SGA. Por isso, a certificação resulta em ganhos financeiros reais, já que evita multas ambientais, além de maior transparência e confiança junto aos órgãos fiscalizadores (Serviço, 2004).

Dificuldades para implementação do Sistema de Gestão Ambiental

Uma organização pode implementar um SGA apenas para melhorar seu desempenho ou atender melhor seus clientes, mas se ela estiver interessada em obter a certificação de seu Sistema de Gestão Ambiental, para poder exportar, gerar vantagens competitivas, busca de novos mercados ou para demonstrar para todos os seus clientes que o sistema implementado está sendo mantido de acordo com os procedimentos internos e estes atendem os requisitos da norma em uso, ela precisará passar por diversas etapas as quais gerarão mudanças expressivas, importantes e contínuas em seus processos operacionais.



Darnall (2003) afirma que as empresas que decidiram implementar um SGA são impactadas pelo ambiente repleto de mudanças e complexidades que interferem profundamente no desempenho da produção, exigindo novas formas de trabalhar e de pensar, resultando em custos, através de compras de novos equipamentos, contratação de mão de obra qualificada, necessitando de documentação de todos os processos legais, do plano de gestão e da política ambiental da empresa e implantando sistemáticas para monitoramento e medição dos aspectos ambientais significativos.

Uma das principais dificuldades na implementação de um SGA é a resistência à mudança e o não envolvimento de todos os funcionários da organização. Por se tratar de mudança de cultura, é necessário levar em consideração os aspectos sutis do capital humano, ou seja, a motivação deve estar presente em todas as etapas deste processo.

Outra grande dificuldade encontrada, atualmente, nas organizações de qualquer porte, é a disponibilidade de mão de obra especializada para desempenhar funções que não sejam as tarefas diárias, rotineiras. Objetivos não realistas com o planejamento estratégico, o baixo grau de envolvimento da alta direção, processos ineficientes, criação de uma burocracia interna paralela, recursos financeiros escassos, falta de conscientização de funcionários nos diversos níveis hierárquicos, escolha inadequada de multiplicadores, dificuldades de manutenção da nova cultura ambiental e treinamentos ineficazes, são as causas mais frequentes que desmotivam a equipe.

Segundo estudos realizados por Diamond (1996) às dificuldades encontradas na implementação do SGA, as empresas indicaram, de forma destacada, a falta de tempo. Para além desta dificuldade, apontaram ainda as seguintes: Apoio insuficiente ou falta de compreensão da gestão de topo; Insuficiência de recursos; Dificuldade de compreensão da ISO 14001 e Aversão à documentação necessária.

Também para Diamond (1996), o maior custo incorrido na implementação do SGA decorre do tempo utilizado pela organização. Quando a empresa opta por recorrer a apoio de consultoras para apoio a este processo, assume também um valor significativo os custos necessários a esta afetação. De forma idêntica, Stapleton, Glover e Davis (2001) referem que os custos internos representam o grosso dos recursos empregados na maior parte das organizações e incluem o tempo gasto pelos trabalhadores, incluindo a própria gestão de topo. No que diz respeito aos custos externos, estes contemplam o apoio de colaboradores e a formação externa dos colaboradores.



Relativamente às dificuldades decorrentes da implementação de SGA segundo a ISO 14001, Burdick (1997), que também acentua a importância dos custos, referiu os seguintes aspectos como resultados do seu estudo:

- Custos, uma vez que os inquiridos indicavam que os custos de mão de obra não compensavam as poupanças obtidas (28%);
- Desempenho ambiental pelo fato de considerarem não existir uma garantia efetiva de melhoria contínua na redução dos impactos ambiental (22%); e
- Falta de conscientização pública neste domínio (19%).

Importa ainda salientar que, segundo Hillary (1999), surgem também barreiras à adoção de SGA por parte das Pequenas e Médias Empresas (PME) que se podem dividir em dois grupos: as internas e as externas. As barreiras internas à adoção de SGA incluem, entre outros, os seguintes aspectos:

- A falta de recursos humanos, que é a barreira mais relevante e tende a acentuar-se quando a dimensão da empresa diminui;
- A implementação do SGA gera problemas de ordem prática, tais como, por exemplo, a determinação dos aspectos ambientais significativos e sua significância, e a independência dos auditores internos em pequenas e microempresas; e
- As PME encontram-se, de uma forma geral, pouco informada sobre os SGA, sua forma de funcionamento e benefícios que originam.

No que se refere às barreiras externas, destacam-se as seguintes:

- As PME encontram inconsistências e dificuldades nos processos de certificação ISO 14001 e queixam-se profundamente dos custos inerentes;
- Muitas PME apresentam motivações insuficientes para a adoção de SGA e incertezas quanto aos benefícios destes sistemas; e
- As PME necessitam de apoio e orientação para a implementação dos respectivos SGA, mas encontram dificuldades na seleção de informação ligadas ao sistema e de consultores experientes. A falta de orientação por setor de atividade e adequada às suas diferentes dimensões também poderá revelar-se um problema adicional.

Comparativamente, Hillary (1999) refere que as barreiras internas da adoção de SGA são mais importantes do que as externas.



Com base nos resultados da análise de dados promovida por Delmas (2002), apontam-se as seguintes dificuldades consideradas pelas empresas como Constrangimentos Moderados ou Sérios da adoção da ISO 14001, acompanhadas igualmente das respectivas porcentagens de resposta:

- Falta de apoio da gestão de topo (77%);
- Custos de concepção do SGA (75%);
- Falta de flexibilidade regulamentar (69%);
- Custos de certificação (67%);
- Falta de compreensão dos requisitos da ISO 14001 (67%);
- Custos anuais de manutenção do SGA (67%);
- Falta de tempo para a implementação do SGA (65%);
- Incerteza quanto à utilização da informação relativa às auditorias do SGA por parte das autoridades competentes (62%);
- Potenciais sanções regulamentares resultantes da divulgação voluntária (60%); e
- Falta de pessoal para a gestão e implementação do SGA (58%).

Segundo Chan e Wong (2006), outra questão que compromete a implementação de SGA são as falhas em comunicação organizacional e as distorções nas estruturas de poder são fatores determinantes do sucesso ou fracasso do processo de implementação de um sistema de gestão e a alta direção tem um papel fundamental para viabilizar melhores condições relativas a estes elementos. Sem o seu compromisso e envolvimento, o programa não ganha credibilidade diante dos colaboradores, afetando diretamente o desempenho deste processo.

Rondinelli e Vastag (2000) afirmam que a implementação de sistemas de gestão ambiental exige o planejamento de avaliações sistemáticas e treinamentos. O treinamento é responsável pelo bom desempenho do capital intelectual e pode ser a chave para amenizar resistências às mudanças.

METODOLOGIA

O perfil das empresas entrevistadas é o mais diversificado possível, não houve distinção por setor, porte, ou região, os únicos requisitos necessários para participar da pesquisa eram: possuir o certificado NBR ISO 14001 e ter instalação no Brasil.



Foi elaborado um questionário com três perguntas que descreve o perfil geral das empresas e as 10 principais dificuldades para implementação do SGA, as dificuldades foram selecionadas com base na literatura consultada, a fim de levantar dados sobre as o grau das dificuldades para implementação de um SGA, baseado na norma NBR ISO 14001. Os resultados deste trabalho irão apresentar uma visão geral sobre as dificuldades que tiveram as empresas já certificadas.

Os contatos das empresas que possuem certificado NBR ISO 14001 foram conseguidos quase em sua totalidade a partir da base de dados do Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO, 2013) e através do site das próprias empresas. A partir desse banco de dados ocorreu o contato via email com os responsáveis pelo SGA das empresas investigadas. Foi enviada uma carta de apresentação (no corpo do e-mail) em conjunto com um questionário que deveria ser respondido e enviado de volta para o e-mail do remetente, dos questionários enviados, cerca de 20% das empresas retornaram e participaram desta pesquisa.

Os resultados deste trabalho são apresentados no geral (percentual), em tabelas e gráficos (sem especificar o nome da empresa) para melhor visualização e análise. A partir das tabelas e gráficos é analisado o padrão das respostas das empresas entrevistadas, o que proporciona uma visão interna geral de como as empresas certificadas, abordaram e abordam as questões ambientais na organização e seus respectivos SGA.

Por fim, foram analisadas as dificuldades que tiveram maior número de empresas afirmando serem alto. Com a aplicação desta pesquisa, pode-se apresentar neste trabalho um panorama das principais dificuldades encontradas por algumas empresas que buscaram a certificação ISO 14001.

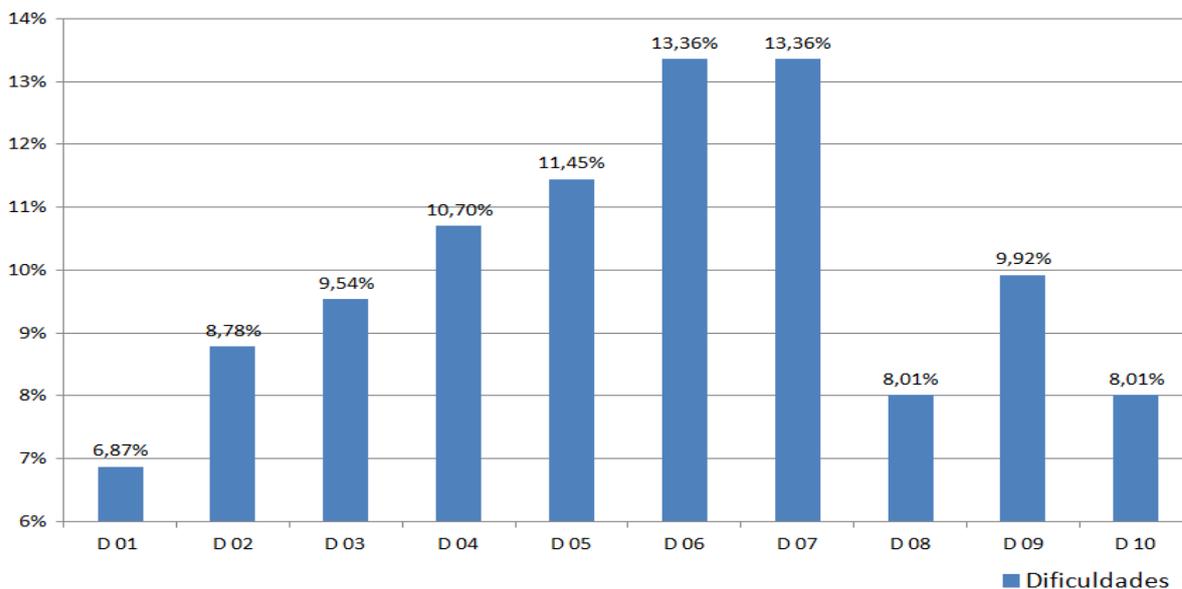
RESULTADO E DISCUSSÃO

Mais da metade das empresas entrevistadas (51,14%) é de grande porte, já as empresas de médio porte correspondem a 14,28% do total de empresas entrevistada, por fim 28,58% das empresas entrevistada é de pequeno porte.

Com base nos dados obtidos na pesquisa é possível evidenciar que as dificuldades D06 e D07 foram a que mais se destacaram, por serem as dificuldades que as empresas pesquisadas julgaram ter alto grau de adequação para implementação do SGA (13,36% cada uma), já as

dificuldades D01, D08 e D10 se mostraram com baixo grau de dificuldade em relação às demais.

Gráfico 01 – Percentual das Dificuldades para Implementação do SGA



Ainda com a apuração dos resultados, possibilitou verificar-se que o ramo (gráfico 02) e a dimensão (gráfico 03) da empresa influenciaram significativamente na adoção do Sistema de Gestão Ambiental. Porém o principal fator que determina o grau de dificuldade geral para adoção de SGA pelas empresas é a dimensão das mesmas, como mostra nos gráficos 03. As Pequenas e Médias Empresas (PME) obtiveram as maiores resultados, ou seja, as PME por falta de recursos, sejam eles financeiros ou recursos humanos com experiência para conduzir o processo de implementação. Porém a principal dificuldade enfrentada pelas PME é a questão financeira, já que são bastante vulneráveis ao seu fluxo de caixa. Os resultados obtidos nas pesquisas comprovam as ideias de Hillary (1999), onde o autor desenvolveu trabalho similar, que contemplou as dificuldades interna e externa para as Pequenas e Médias Empresas na adoção do SGA, mesmo sendo informações obtidas a partir de estudos realizados fora do Brasil, às dificuldades citadas por ele tiveram resultados semelhantes aos obtidos nessa pesquisa, em sua maior parte.

Com base na literatura consultada para fundamentar as dificuldades. Mesmo sendo trabalhos realizados em outros países com cultura e recursos distintos do que temos no Brasil, foi identificado que as barreiras ressaltadas pelos autores como aquelas que possuíam um alto

Revista Engenharia, vol.8 – Setembro de 2013
 grau de dificuldades para adoção do SGA, foram as que as empresas pesquisadas caracterizaram como as que mais seriam disponibilizados mais recursos e energia.

Gráfico 02–Percentual do grau de dificuldades por Ramo para adesão de SGA

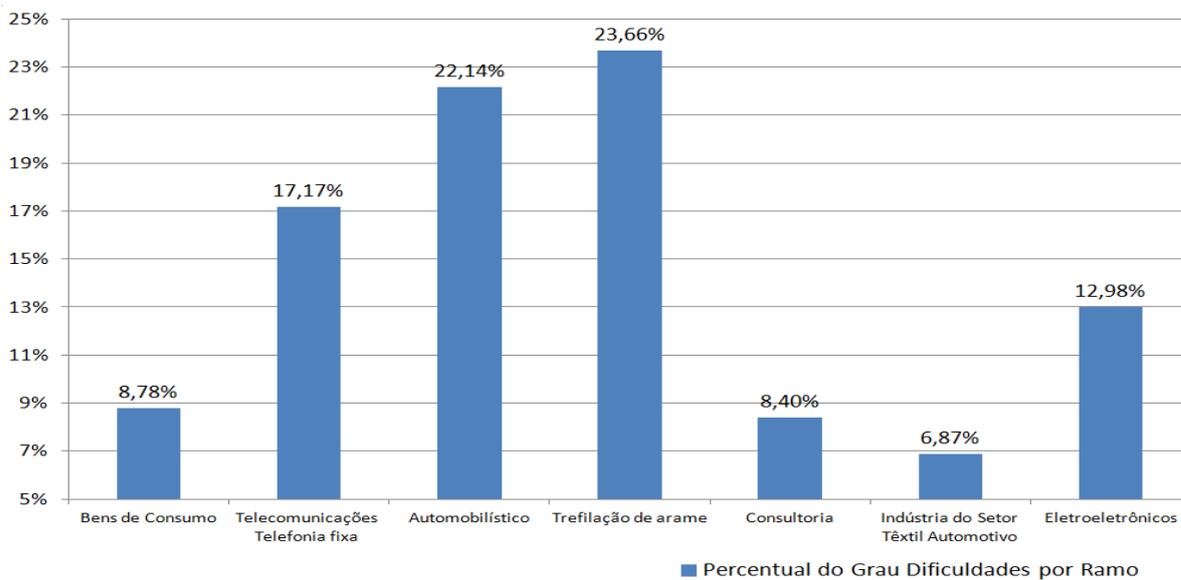
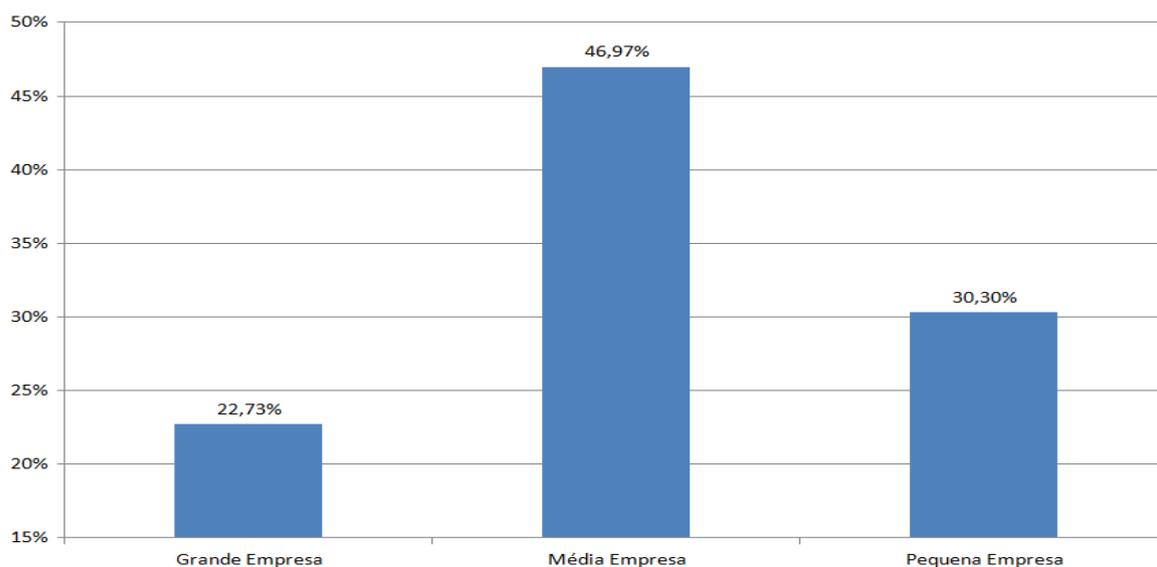


Gráfico 03 – Porte e o percentual das dificuldades para obtenção de SGA.



CONCLUSÃO

O presente trabalho de pesquisa tem como foco avaliar quais as principais dificuldades, que as empresas enfrentaram na implementação do SGA, que nesse caso, as duas que se destacaram por sua significância para implementar o sistema em questão foram: custos totais (todo o investimento necessário para obter a certificação) e a dificuldade em providenciar as documentações necessárias para se adequar a Norma ISO 14001.

Como os resultados da pesquisa foram organizados em gráficos e tabelas que otimizaram apreciação dos resultados, possibilitou identificar quais os fatores decisivos para tornar-se o sistema de gestão ambiental uma realidade nas empresas. Com isso conclui-se que o setor e o porte são os principais entraves para adoção da ISO 14001 e ainda identificar que o porte da empresa é o fator que mais influenciou na implementação do SGA, onde as PME obtiveram resultados expressivos comparado com as de grandes empresas. A dificuldade que mais comprometeu as PME é a questão financeira. Os custos da consultoria para implementação, auditorias de supervisão do SGA, adequação de equipamentos e processos produtivos são obstáculos consideráveis, já que elas são sensíveis ao fluxo de caixa.

Por fim, conclui-se que um efetivo sistema de gestão ambiental permite a uma organização estabelecer e avaliar a real situação de seus processos e procedimentos estabelecidos para aplicação de uma política de gestão ambiental e seus objetivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICA

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. ABNT NBR ISO 14001: 2004. Sistema de Gestão ambiental – Requisitos com Orientações para uso. Rio de Janeiro, 2004.

ABREU, A. F. The Role of Stakeholders' in Predicting the Outcomes of IS Implementation Process. Tese de Doutorado em Ciências da Administração – Universidade de Waterloo. Ontário, Canadá, 1995.

BURDICK, D. - Benchmarking Perceptions of ISO 14001. In Moving ahead with ISO 14001, Eds. Philip A Marcus and John T Willig, John Wiley and Sons, Inc., 1997.

CHAN, E. S. W.; WONG, S. C. K. Motivations for ISO 14001 in the hotel industry. Tourism Management, 2006.



DARNALL, N. - Why U. S Firms Certify to ISO 14001: An Institutional and Resourcebased View. Comunicação apresentada em Best Paper Proceedings of the 2003. Academy of Management Conference, Seattle, Washington, 2003.

DELMAS, M. - Environmental Management Standards and Globalization. UCIAS, - Dynamics of Regulatory Change: How Globalization Affects National Regulatory Policies, 2002. Available in <http://repositories.cdlib.org/cgi/View>, accessed 05/05/13.

DIAMOND, C. P. - Environmental Management System Demonstration Project: Final Report. NSF International, Ann Arbor, Michigan, 1996.

HILLARY, R. - Evaluation of Study Reports on the Barriers, Opportunities and Drivers for SME's in the Adoption of Environmental Management Systems - Paper presented to the Department of Trade and Industry, Environmental Directorate, 1999. Available in <http://www.inem.org/htdocs/iso/hillary.html>, accessed 05/05/13.

MOREIRA, M. S. Estratégia e implementação de sistema de gestão ambiental modelo ISO 14000. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2001.

MORILHAS, L. J. O estágio emergente das práticas ambientais no desenvolvimento de produtos das organizações inovadoras: Um estudo exploratório. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo, 2007.

MORAES, C. S. B. Auditoria e Certificação Ambiental. Apostila de aula - LCF 694 Auditoria e Certificação Ambiental. LCF/ ESALQ/ USP, 2011.

MOURA, L. A. A. de. Qualidade e Gestão Ambiental – 5ª Ed. – São Paulo: Editora Juarez de Oliveira, 2008.

RMAI - Revista Meio Ambiente Industrial (maio/junho de 2011).

RONDINELLI, D. VASTAG, G. Panacea, common sense, or just a label The value of ISO 14001 environmental management systems. 2000. Available in: www.scholar.google.com.br/scholar, accessed 05/05/13.

SEIFFERT, M. E. B. ISO 14001 Sistemas de gestão ambiental – implementação objetiva e econômica. Ed. 3ª São Paulo: Editora Atlas, 2007.

**SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS -**

Metodologia SEBRAE para Implementação de Gestão Ambiental em Micro e Pequenas Empresas. Brasília: SEBRAE, 2004.

STAPLETON, P. J.; Glover, M.A. e Davis, S. P. - Environmental Management Systems: An Implementation Guide for Small and Medium-Sized Organizations. NSF International, 2ª ed., 2001.

VALLE, C. E. Como se preparar para as normas ISO 14000: Qualidade Ambiental: o desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente. São Paulo: Pioneira, 2000.