

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DA CERVEJA COM
ABORDAGEM DE CICLO DE VIDA.**

MICHAEL WALTER TROMMER

ORIENTADOR: PROF. DR. APARECIDO DOS REIS COUTINHO

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2014

UNIVERSIDADE METODISTA DE PIRACICABA
FACULDADE DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E URBANISMO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA NO PROCESSO DE
PRODUÇÃO DA CERVEJA**

MICHAEL WALTER TROMMER

ORIENTADOR: PROF. DR. APARECIDO DOS REIS COUTINHO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, da Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Metodista de Piracicaba – UNIMEP, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

SANTA BÁRBARA D'OESTE

2014

Dedico este trabalho a todos que, de uma forma, a exemplo de Jesus Cristo, investem sua vida pela felicidade das pessoas, que ultrapassam sua individualidade para o bem do próximo, bem da sociedade, se preocupam e cuidam do meio ambiente.

AGRADECIMENTOS:

Ao meu orientador, Prof. Dr. Aparecido dos Reis Coutinho, pela atenção e apoio neste trabalho.

Aos meus pais, Hasso Trommer e Maria Bárbara Trommer, que entenderam a importância do estudo.

À minha filha Lígia do Prado Trommer, que durante este período de estudo não teve a atenção que merece de seu pai.

A Deus, por me dar forças e saúde para atingir meus objetivos.

E, especialmente, à minha esposa Lílian Ribeiro do Prado Trommer, por sempre me apoiar nas minhas decisões e sempre estar ao meu lado nos momentos difíceis.

Ao meu amigo e colaborador Wesley Francisco que me apoiou fortemente nesta jornada.

TROMMER, Michael Walter. **Avaliação do ciclo de vida no processo de produção da cerveja**. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara d'Oeste.

RESUMO

Em busca da sustentabilidade, várias ferramentas estão sendo criadas e aperfeiçoadas, destacando-se entre elas a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV), que consiste na quantificação e na avaliação das entradas, saídas e dos potenciais impactantes ambientais de um sistema durante todo o seu processo produtivo. No presente trabalho foram aplicados os conceitos da ACV para avaliar o desempenho da produção de cerveja convencional do tipo Pilsen em uma unidade piloto (UP), onde foi simulado o processo desde o recebimento da cevada na maltaria até a cerveja envasada na saída do engarrafamento. A primeira etapa consiste na malteação, que engloba a limpeza, classificação, maceração, germinação, secagem e o armazenamento do grão da cevada. A segunda etapa consiste na produção da cerveja que envolve a moagem, mosturação, clarificação, fervura, resfriamento e fermentação do mosto, maturação da cerveja verde, filtração da cerveja e armazenamento da cerveja em tanque de estocagem. A terceira etapa consiste no envase da cerveja em garrafas retornáveis de vidro, embaladas em caixas de plástico e em pallets, que entra na linha de envase, passando pelas etapas: despaletização, desencaixotamento, lavagem, inspeção, enchimento, pasteurização, rotulagem, inspeção de nível, encaixotamento e paletização e envio para o estoque de produto acabado. O processo de produção na UP apresentou consumo médio de 8,3 L de água e consumo de 1,19 KWh de energia elétrica, para cada litro de cerveja pronta. Os resultados obtidos indicam a possibilidade de aplicação dos conceitos da ACV no processo cervejeiro, por meio da quantificação dos produtos de entrada e saída, juntamente com a quantificação e avaliação dos impactos dos resíduos sólidos e líquidos.

Palavras chave: Avaliação do Ciclo de Vida, ACV, Cerveja, Sustentabilidade.

TROMMER, Michael Walter. **Life cycle assessment in the production process of beer**. 2014. 76f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Engenharia, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Metodista de Piracicaba, Santa Bárbara D'Oeste.

ABSTRACT

In search of sustainability, several tools are being created and improved, highlighting the Life Cycle Assessment (LCA), which consists of the quantification and evaluation of inputs, outputs and environmental impact assessment of the whole production process. In this dissertation the concepts of LCA were applied to evaluate the production performance of conventional Pilsen beer at a pilot plant. The first step consists in malting, which includes cleaning, sorting, soaking, germination, drying and storage of grain barley. The second is the production of beer, which involves milling, grinding, clarification, cooling and maturation of wort fermented green beer, filtration and storage of the finished beer. The third step is the bottling of beer in glass bottles, which return the consumer and are packed in plastic boxes and pallets. Then they are sent to the bottling line, going through the steps: depalletization, unpacking, cleaning, inspection, filling, pasteurization, labeling and level of inspection, palletizing, storage and shipping. The production process in the pilot plant indicates the average water consumption of 8.3 L and consumption of 1.19 kWh of electricity per liter of finished beer. These results indicate the possibility of applying the concepts of LCA in the brewing process, by quantifying the products of input and output, along with the measurement of solid and liquid waste and its environmental impacts.

Key words: Life Cycle Assessment, LCA, Beer, Sustainability.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMÁTICA DA PESQUISA.....	1
1.2	JUSTIFICATIVA.....	4
1.3	PRINCIPAIS QUESTÕES DA PESQUISA.....	5
1.4	PREMISSAS BÁSICAS.....	5
1.5	OBJETIVOS.....	6
1.5.1	OBJETIVOS GERAIS.....	6
1.5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	6
1.6	ESTRUTURA DO TRABALHO.....	6
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	8
2.1	HISTÓRICO DA CERVEJA.....	8
2.1.1	NASCIMENTO DA CERVEJA.....	8
2.1.2	EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA CERVEJA.....	10
2.1.3	EVOLUÇÃO DA CERVEJA NA ERA MODERNA.....	11
2.1.4	HISTÓRIA DA CERVEJA DO BRASIL.....	13
2.1.5	CENÁRIO DA CERVEJA NO MUNDO.....	14
2.1.6	O CRESCIMENTO DO MERCADO DA CERVEJA.....	16
2.2	PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA.....	21
2.2.1	MATÉRIAS PRIMAS USADAS NO PROCESSO CERVEJEIRO.....	21
2.2.2	OBTENÇÃO DA CEVADA MALTEADA PARA O PROCESSO CERVEJEIRO.....	27
2.2.3	PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CERVEJA.....	28
2.2.4	RECICLO E REAPROVEITAMENTO DAS SAÍDAS DO PROCESSO CERVEJEIRO.....	33
2.3	SUSTENTABILIDADE.....	34
2.3.1	SUSTENTABILIDADE NA CERVEJARIA.....	35
2.3.2	AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA	38
2.3.3	ACV NO PROCESSO CERVEJEIRO	44
2.3.4	RESÍDUOS LÍQUIDOS	51
2.3.5	RESÍDUOS SÓLIDOS	52
3	ABORDAGEM METODOLÓGICA.....	53
4	RESULTADOS.....	58
4.1	CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO.....	58
4.2	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA.....	59
4.3	AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA.....	60
5	CONCLUSÃO.....	69
5.1	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS.....	70
6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO E PROBLEMA DA PESQUISA

A história mostra quanto a humanidade evoluiu, adquirindo conquistas que proporcionam rapidez e conforto em diversas atividades do cotidiano. Junto com essa evolução surgem também muitos desafios, especialmente os que visam suprir as necessidades do homem sem esgotar o planeta.

O consumo de produtos e mercadorias não tem o objetivo de apenas promover a subsistência. Por exemplo, a alimentação não atende apenas as necessidades básicas do homem de saciar a fome, mas também, o consumo de alimentos e bebidas atende prazeres e requintes à mesa de grande número de pessoas.

Dentro desse contexto, as empresas alimentícias, são motivadas a utilizar produtos diferenciados e de qualidade que atenda as exigências do consumidor. Contudo, para atender a demanda que aumenta a cada ano, as empresas enfrentam desafios que vão desde a produção em quantidade que satisfaça a procura de sua mercadoria e um desses desafios é produzir de maneira ambientalmente sustentável.

Carter e Rogers (2008) consideram sustentabilidade ambiental como a integração equilibrada dos critérios ambientais, sociais e econômicos, no qual, além de diminuir os aspectos e impactos causados pelas empresas ao meio ambiente, seja também um diferencial competitivo à logo prazo. Um dos aspectos da sustentabilidade é o desenvolvimento de metodologias que aprimorem o sistema produtivo, o tornando menos danoso ao meio ambiente.

Assim, sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades humanas que visam a suprir as necessidades atuais das pessoas, sem comprometer o futuro das próximas gerações.

Em busca da sustentabilidade, várias ferramentas estão sendo criadas, aperfeiçoadas e utilizadas dentro das indústrias, e em específico as do ramo alimentício. A Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) é uma dessas ferramentas que foram elaboradas para acompanhar o processo de uma empresa que inicia na aquisição de matéria-prima, passa pelas fases da produção, o consumo do produto, até a gestão dos resíduos gerados, englobando as etapas de eliminação, reciclagem, tratamento e disposição final dos resíduos (ISO, 2006).

De maneira geral, a ACV consiste na quantificação e avaliação das entradas, saídas e dos potenciais impactos ambientais de um sistema produtivo durante todo o seu processo, que abrange desde a extração dos recursos naturais para sua produção até o descarte final, podendo-se dizer do “berço ao túmulo” na vida de um produto (CURRAN, 1999).

A abertura de mercados ocasionou um crescimento acelerado das empresas, além do aumento da competição, fato que levou à massificação dos produtos, mas também desencadeou a necessidade do homem pensar em questões relacionadas ao consumo de energia e utilização da água nos processos produtivos.

Dentre as maiores indústrias do mundo se encontra a alimentícia, que é caracterizada por ser grande usuária de energia (ROY *et al*, 2008a). Neste sentido se destaca a cerveja que, por ter como base de produção o uso de grãos, consiste de um produto agrícola, alimentício e usuário de água e energia.

A fabricação da cerveja parte de uma solução diluída de etanol, desenvolvendo seu aroma característico a partir da adição do malte na água, que é a principal fonte de hidrocarbonetos fermentáveis e de outros nutrientes oriundos da cevada. Os mais importantes estágios da fabricação da cerveja são a produção do mosto e a fermentação. A partir do malte se produz o mosto, que é um extrato aquoso da cevada malteada. No processo de fermentação, são adicionadas leveduras ao mosto, onde as células de fermento convertem os nutrientes do mosto predominantemente em etanol e dióxido de carbono. Após a retirada do fermento obtém-se a cerveja (KORONEOS *et al.*, 2008).

Na etapa do preparo da cevada malteada são efetuados processos bioquímicos para o amolecimento do grão de cevada e formam-se enzimas. Ao longo deste percurso ocorre uma perda significativa de matéria prima.

A produção de cerveja assim como outros alimentos necessita de energia e também de recursos naturais como matéria prima. Assim, a ACV do processo de produção da cerveja deve incluir o balanço de massa das matérias primas envolvidas, o balanço de energia e seus efeitos sobre o meio ambiente (CORDELLA *et al.*, 2008).

Em uma empresa, sendo ela cervejeira ou não, é necessário o monitoramento de todas as entradas e saídas para relacionar o consumo de energia, água e matérias-primas. A gestão de suprimentos é importante do ponto de vista da sustentabilidade. Na indústria cervejeira há diversos processos que utilizam água, como resfriamento do mosto e da cerveja, compressores de ar, distribuição de calor e o próprio tratamento da água, o que torna a gestão deste recurso ainda mais importante.

A importância da água no ciclo de vida da cerveja vai além de sua produção na fábrica. A ACV considera todos os processos anteriores à produção da cerveja em si, assim deve ser incluída a gestão dos recursos da produção agrícola relacionada nesta avaliação (SIRET, 2001).

Em alguns países, a indústria cervejeira está desenvolvendo ações para reduzir o consumo de energia e de água, assim como a emissão de resíduos derivados do processo de produção. Uma das principais metas é reduzir o alto consumo na entrada de materiais, entre 20 - 50%, sem investimento em novos equipamentos e, com treinamento de pessoas. A opção preferida pelas empresas é a adoção de produção limpa com a redução de resíduos na fonte (DRANBREW, 2007).

Para uma efetiva produção limpa, o cervejeiro busca adotar o conceito “verde” nas novas tecnologias cervejeiras, com eficientes formas de reduzir os consumos de água e energia, emissões de odor, uso de água para limpeza, resfriamento e o reuso dos resíduos tratados (ROBBINS e BRILLAT, 2002).

A adoção de técnicas, conceitos e práticas voltadas a produção limpa necessitam de embasamento teórico para elaborar um projeto de aplicação. Tal planejamento depende das informações coletadas pela ACV (WALTER *et al.*, 2005).

Neste sentido, a proposta é aplicar os conceitos e definições de ACV para avaliar o desempenho de uma unidade piloto de produção de cervejas, com relação ao consumo de água, de energia e a geração de resíduos no processo e identificar o consumo em cada etapa do processo, assim gerando conhecimento para possíveis melhorias no processo de fabricação de cerveja.

1.2 JUSTIFICATIVA

A busca pelo desenvolvimento sustentável é um dos maiores desafios para a sobrevivência da humanidade, de modo que para alcançar a sustentabilidade várias ferramentas estão sendo criadas e aperfeiçoadas, destacando-se entre elas a ACV, que consiste na quantificação e avaliação das entradas e saídas e dos potenciais impactos ambientais de um sistema produtivo durante todo o seu processo.

Na indústria alimentícia, o estudo da ACV do processo de produção deve incluir principalmente o balanço de massa das matérias primas, o balanço de energia e seus efeitos sobre o meio ambiente.

O consumo de recursos naturais e matérias primas no processo de fabricação de cerveja são grandes. Assim, se torna relevante a aplicação da ACV na produção de cerveja, tomando como base uma unidade piloto de micro cervejaria.

1.3 PRINCIPAIS QUESTÕES DA PESQUISA

Considerando o quadro exposto, as principais questões a serem respondidas pela presente pesquisa são:

- É possível implementar a ACV no processo de produção da cerveja?
- Como deve ser conduzida a ACV na produção de cervejas cervejarias?
- Quais impactos ambientais uma cervejaria que não se utiliza de ferramentas sustentáveis podem ocasionar?
- Dentro de uma cervejaria quais são os pontos mais críticos em relação à promoção de danos ao meio ambiente?
- Qual é consumo de energia em uma cervejaria?
- Como deve ocorrer a captação, o uso e o descarte de água dentro da indústria cervejeira?
- Quais resíduos sólidos e líquidos são gerados no processo cervejeiro?
- Quais destinos dar a estes resíduos?

1.4 PREMISSAS BÁSICAS

Consideramos a possibilidade de aplicação das ferramentas do Ciclo de Vida no processo de fabricação de cerveja por meio da identificação e da quantificação o uso de matérias primas, de energia, assim como de resíduos liberados ao meio ambiente.

Na indústria alimentícia o estudo da ACV do processo de produção deve incluir principalmente o balanço de massa das matérias primas, o balanço de energia e seus efeitos sobre o meio ambiente.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 OBJETIVOS GERAIS

O presente trabalho tem por objetivo geral identificar e avaliar o desempenho do ciclo de vida da cerveja, com relação aos aspectos técnicos e ambientais, por meio do uso dos conceitos e definições da Análise do Ciclo de Vida, além de compreender como implementar a ACV em nano cervejaria.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisão bibliográfica sobre os conceitos e definições da ACV;
- Realização de atividades experimentais voltadas a produção de cerveja em uma unidade piloto;
- Produção de cerveja clara com a utilização de adjuntos não maltados;
- Realização a avaliação do ciclo de vida de todos processos relacionados a fabricação da cerveja, dentro do escopo do trabalho, com enfoque aos balanços de massa e energia;
- Avaliação e quantificação os resíduos sólidos e líquidos gerados no processo produtivo da unidade piloto (UP).
- Elaboração o fluxograma completo que reflita a ACV da cerveja, levando em consideração o escopo da preparação das matérias primas até o produto pronto e envasado.

1.6 ESTRUTURAS DO TRABALHO

No capítulo 1 são apresentados: o nascimento da cerveja do mundo; evolução na produção da cerveja, historia da cerveja no Brasil, cenário da indústria mundial da cerveja, a contextualização e o problema da pesquisa, os objetivos e a estrutura do trabalho que está estruturado em 6 (seis) capítulos.

No capítulo 2 é apresentada a revisão bibliográfica com destaque aos seguintes assuntos: o crescimento do mercado de cervejas, o processo de produção de cervejas, matérias primas usadas no processo cervejeiro, o reaproveitamento dos resíduos gerados no processo de obtenção de cervejas. Este capítulo ainda aborda temas que conduzem a reflexões sobre o significado de sustentabilidade e, em específico, a sustentabilidade na indústria cervejeira. Esse capítulo aborda a ACV em cervejarias, focando a análise no consumo de água e de energia, assim como nos resíduos sólidos e líquidos.

No capítulo 3 é apresentada a metodologia utilizada com base no uso da ACV em uma unidade piloto de produção de cerveja.

No capítulo 4 são descritos os resultados preliminares, assim como a análise e discussão destes resultados.

No capítulo 5 são apresentadas as conclusões parciais encontradas com o desenvolvimento da pesquisa.

No capítulo 6, são apresentadas as Referências Bibliográficas usadas no trabalho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo aborda os temas principais ligados a pesquisa, contando com assuntos ligados a processo produtivo, Avaliação do Ciclo de Vida e temas correlatos, todos estes relacionados à produção de cerveja.

2.1 HISTÓRIA DA CERVEJA

Será abordada a seguir toda a história da cerveja desde seu nascimento, sua história no Brasil até o cenário atual no mundo.

2.1.1 NASCIMENTO DA CERVEJA

Acredita-se que a cerveja tenha nascido no Oriente Médio ou no Egito, devido, em meados do século XIX, arqueólogos encontrarem vasos com resquícios de cevada em tumbas de faraós.

As pesquisas arqueológicas comprovam que em aproximadamente 10.000 a.C, o ser humano fundou vilas e começou a cultivar as terras. A cerveja é uma das muitas descobertas daquele período como, por exemplo, a cerâmica. Naquele tempo as pessoas começaram a recolher grãos e descobriram acidentalmente que o cereal deixado em repouso, por vários dias, começava a fermentar (JACKSON, 1999).

Hoje são considerados como cerveja a maioria das bebidas produzidas com cereais nos últimos 8.000 a.C. Os Sumérios e Egípcios produziam essa bebida há mais de 5.000 anos e os babilônios já fabricavam mais de dezesseis tipos de cervejas de cevada, trigo e mel há mais de 4.000 anos antes de Cristo (COUTINHO, 2008).

Muitos indícios levam a crer que, à época em que o homem começou a construir cidades, por volta de 6.000 a.C, a fabricação de cerveja era uma atividade estabelecida e aparentemente organizada. Em Tebas (Egito) foi

encontrado o mais antigo registro sobre uma cervejaria do ano de 3.400 a.C, onde eram fabricados dois tipos da bebida: a “cerveja dos notáveis” e a “cerveja de Tebas” (MORADO, 2009).

Por volta de 2.000 a.C, os Chineses, produziam o Tsiou, cerveja de painço para ser oferecida aos ancestrais (COUTINHO, 2008).

A cerveja já constava no mais antigo código de leis conhecido, chamado de Hamurábi da Babilônia. Este código estava preocupado com a saúde das pessoas e com a venda da cerveja, mas neste mesmo documento foi criado o primeiro imposto para essa bebida (COUTINHO, 2008; HLATKY, 2007).

Por meio dos relatos do médico romano Hipócrates (460 A 377 a.C) foi identificado que os romanos conheciam a ação medicamentosa da cerveja, mesmo que a preferência deles fosse o vinho. Os gregos e os romanos aprenderam a fazer cerveja com os egípcios e a bebida tornou-se bastante popular (HLATKY, 2007).

A outra rota de expansão da cerveja foi pela Mesopotâmia, graças aos Trácios, povos que dominavam um enorme território, onde hoje está, a Bulgária, a Romênia, a Sérvia e a Turquia. Devido aos movimentos migratórios, influenciaram os germânicos e os celtas, que foram os responsáveis pela formação de países como França, Portugal, Espanha, Bélgica, Inglaterra, Irlanda e Escócia (MORADO, 2009).

No período medieval, além de ser uma necessidade nutricional, a cerveja era, às vezes, usada como remédio, por meio da misturada com cascas, raízes, especiarias como tomilho, pimenta e ervas em geral (KLING, 2006).

A idade média marcou uma nova era para a história da cerveja, pois até então, a atividade era basicamente caseira. No século VI, a bebida começou a ser produzida em mosteiros. Os monges católicos em suas peregrinações pela Europa fundavam instalações capazes de produzir cerveja em grande escala. Alguns aproveitavam as dependências da igreja para cultivar matéria-prima, enquanto criavam utensílios adequados para o processo cervejeiro. Por saber escrever, registravam o que aprendiam com a produção e aprimoravam a bebida. Por isso, os religiosos se tornaram, de fato, os primeiros pesquisadores

sobre a cerveja, tendo aprimorado seu método de fabricação e introduzido a idéia de conservação a frio da bebida. Durante a idade média as investigações sobre a natureza eram conduzidas pelos monges e, também pelos alquimistas. Devido a isso, muitos rótulos de cervejas apresentam uma estrela de seis pontos que era o símbolo dos alquimistas (HLATKY, 2007).

2.1.2 EVOLUÇÃO DA PRODUÇÃO DA CERVEJA

Entre os séculos VIII e XIII, a cerveja passou por vários estágios de desenvolvimento. De atividade caseira, a produção da bebida transformou-se lentamente em um negócio com característica de indústria. A urbanização ocorrida nesses séculos concentrou o consumo e ajudou na criação do comércio especializado da cerveja. O produtor se ocupava desde o plantio dos ingredientes, passando pela fabricação, até a comercialização. Finalmente surgiram as primeiras manufaturas, protótipos das futuras indústrias, nas quais grupos de especialistas se uniram em torno de instalações comuns, produzindo cervejas em grande escala (STEFENON, 2012).

Com o passar do tempo, o Duque Guilherme IV da Baviera impôs a lei da pureza que é considerado o mais antigo código de alimentos do mundo. Ele determinou que apenas água, malte, lúpulo e levedura poderiam ser utilizados na elaboração da cerveja. Este código foi instituído no ano de 1516 e um dos seus objetivos foi de proibir a utilização do trigo para elaboração de cerveja, que era a base da alimentação da população, na elaboração do pão. Inicialmente a levedura não estava inclusa na lei, devido à humanidade não conhecer os microrganismos, mas posteriormente foi adicionada na lei (KLING, 2006).

Os séculos XV e XVI foram períodos prósperos para a indústria cervejeira. Aproveitando os altos preços do vinho e a redução de custos de produção da cerveja em função do aumento de escala, o mercado consumidor se espalhou por toda a Europa. Entretanto o século XVII iniciou com uma série de desafios à nascente indústria cervejeira. Em primeiro lugar, a alta demanda por cevada elevou o preço do cereal. Depois surgiu uma intensa competição por mercados, pois muitas cervejarias apareceram neste período. Outro problema veio com a

competição com os produtores de vinho, que reagiram à queda do consumo e influenciaram os governantes a aumentar os impostos sobre a cerveja. Em alguns lugares da Europa os impostos representavam mais que 50% do preço final da bebida (MORADO, 2009).

2.1.3 EVOLUÇÃO DA CERVEJA NA ERA MODERNA

As duas grandes guerras trouxeram impactos profundos a toda humanidade e isso influenciou a produção cervejeira que sofreu com a escassez da mão de obra, restrição do álcool em alguns países, dificuldade na obtenção de matéria-prima, empobrecimento da população, etc.

Entretanto, no pós-guerra a bebida renasceu em todo mundo e, devido aos grãos serem de fácil transporte, a cerveja se transformou em uma bebida universal. Esse clima de renascimento estimulou o crescimento das cervejarias europeias e, pelo crescimento desenvolvimentista norte-americano, uma onda de micro cervejarias começou a se formar na costa oeste americana (JACKSON, 1999; STEFENON, 2012).

As décadas que sucederam o pós-guerra até o ano 2000, assistiram consolidação da posição das micros cervejarias no mercado norte-americano. Tais empreendimentos contribuíram para a criação de uma cultura cervejeira mais diversificada.

A globalização de mercados, que provocou o gigantismo das empresas, enorme competição e capitalismo selvagem, levou à massificação dos produtos. As cervejarias tornaram-se reféns do departamento comercial, depois de terem sido, por séculos, direcionadas pelo mestre cervejeiro. O final do século XX e início do XXI representam um movimento de transição na estrutura produtora e consumidora. Por um lado, as fusões das cervejarias levaram a uma concentração cada vez maior do mercado nas mãos de poucas empresas. Por outro lado, a proliferação de pequenas indústrias aliviou essa pressão e favoreceu a diversificação e a experimentação (MORADO, 2009).

A tabela 1 mostra um resumo sobre a evolução da cerveja no mundo, desde os primórdios, a 10000 a.C, até o presente momento.

Tabela 1: Cronograma da evolução da cerveja no mundo

PERÍODO-ANO	EVOLUÇÃO CRONOLÓGICA DA CERVEJA
10000 a.C.	Descobrem que os grãos deixados em repouso fermentavam e que se podia obter fermentação através do hidromel (fermentação do mel) e do vinho.
9000 a.C.	Devido dificuldade de armazenamento é descoberto que a matéria-prima mal armazenada começava a fermentar e assim descobriu-se a malteação.
4000 a.C.	Os Sumérios empacotavam os cereais maltados em forma de bolinhos, os dissolviam em água, deixando a mistura fermentar por uma semana para depois ser consumida.
3400 a.C.	Registro de fabricação de cerveja em Tebas.
2000 a.C.	Chineses produzem cerveja de painço (Painço-Cereal rico em proteína e não contém glúten).
	Nascimento de Jesus Cristo
Séc. VI	Primeiras iniciativas dos mosteiros de produzir cerveja em maior escala.
Séc. VII	O cervejeiro é reconhecido como artesão especializado e é generalizado o uso do gruit na cerveja, uma antiga erva utilizada para tempero, antes do uso do lúpulo.
Séc. IX	Difusão do uso do lúpulo na produção de cerveja.
1040	O Mosteiro de Weihenstephan, na Alemanha, consegue licença para produzir cerveja comercialmente.
1200	A atividade cervejeira se estabelece comercialmente nas regiões da atual Alemanha, Áustria e Inglaterra.
1288	É instalada a primeira cervejaria de Frankfurt, na Alemanha e o lúpulo é usado pela primeira vez na Inglaterra.
1487	Primeira regulamentação sobre a fabricação de cerveja na Baviera, decretada pelo duque Albrecht IV.
Séc. XV	O lúpulo se impõe como conservante e aromatizante.
1492	Descobrimto da América, por Cristovão Colombo.
1500	Descobrimto do Brasil.
Séc. XVI	São produzidas as primeiras cervejas Lager, na Alemanha.
1516	Promulgada a Lei da Pureza na Baviera e é padronizado o processo de fabricação. Com esta lei a cerveja deveria ser fabricada apenas com água, cevada malteada e lúpulo.
1642	O coque começa a ser usado para secar o malte, fazendo surgir a "pale ale". (Coque, um tipo de combustível derivado do carvão betuminoso).
1759	Arthur Guinness abre sua cervejaria.
Séc. XIX	O cervejeiro Sedlmayr II desenvolve o método de secagem por aquecimento indireto dos grãos, possibilitando o controle do processo de secagem do malte.
1808	A família real portuguesa transfere-se para o Brasil e reintroduz a cerveja na colônia.
1810	A Oktoberfest se torna uma festa oficial de Munique, na Alemanha.
1822	Independência do Brasil.
1842	Josef Groll produz uma nova cerveja clara e carbonatada, batizada com o nome de Pilsen,
1859	Gay Lussac descobre o processo de fermentação e Louis Pasteur, da pasteurização. Gay Lussac, Físico-Químico, além de descobrir o processo fermentativo formulou a segunda lei dos gases.
1883	O cientista dinamarquês Emil Christian Hansen isola as primeiras culturas puras de levedura, iniciando sua produção controlada, na Cervejaria Carlsberg.
1888	Surgem as duas maiores cervejarias do Brasil: Cia. Cervejaria Brahma e Cia. Antarctica Paulista.
1914	Início da Primeira Guerra Mundial.
1918	Promulgada a Lei Seca, proibição do consumo de bebidas alcoólicas no território americano.
1919	Surge a Lei da Pureza estende-se a todo o território alemão e é proibida a venda de outras bebidas além da cerveja nos bares da Bélgica.
1933	Lei Seca é abolida pelo presidente Franklin Roosevelt.
1945	Fim da Segunda Guerra Mundial.
1989	Queda do muro de Berlim.
Final do Séc. XX	Globalização leva ao fim da Lei da Pureza em território alemão.

Fonte: MORADO, 2009.

2.1.4 HISTORIA DA CERVEJA NO BRASIL

A história da cerveja no Brasil começa somente no século XVII, tendo sido primeiramente trazida pela Companhia das Índias Orientais, junto com os holandeses, com a chegada de Maurício de Nassau ao Recife em 1637. Ele veio acompanhado de cientistas, astrônomos e, principalmente, médicos e artistas. Junto com Nassau veio o cervejeiro Dirck Dix com uma planta de cervejaria e os componentes para sua construção. Ela foi montada em 1640 na primeira residência de Nassau, na atual cidade de Recife, chamada *La Fontaine* (SANTOS, 2004; VIOTTI, 2012a).

Com a saída dos holandeses do país em 1654, o produto sumiu por quase 150 anos e reapareceu apenas em 1808, quando a família Real portuguesa desembarcou no Brasil Colônia. Em 1808, D. João desembarcou no Rio de Janeiro e promoveu medidas que começam a dar forma ao país, tais como a abertura dos portos às nações amigas, a criação do Banco do Brasil, e a instalação de algumas manufaturas, como tecelagens e moinhos de trigo. Assim, a cerveja que primeiro aportou no Brasil foi a inglesa, que dominou o mercado brasileiro até os anos 1870 (VIOTTI, 2012a).

A produção de cervejas no Brasil até o final do século XIX foi artesanal. A falta de cevada e lúpulo, importados da Alemanha e da Áustria, era suprida com o uso de outros cereais (arroz, milho, trigo etc). As maiores dificuldades estavam relacionadas a refrigeração. Até o final da década de 1830 a cerveja era produzida em um processo caseiro realizado por famílias de imigrantes para o seu próprio consumo. A bebida consumida pela população era a gengibira, feita de farinha de milho, cascas de limão e água. Essa infusão descansava alguns dias, sendo vendida em garrafas ou canecas, chamadas geralmente de cervejas barbante. Era também consumida a cerveja Caramuru, feita de milho, gengibre, açúcar mascavo e água, cuja mistura fermentava por uma semana. Em 1808 instalaram-se no Rio de Janeiro as primeiras máquinas compressoras frigoríficas, propiciando um ambiente refrigerado e representando um grande avanço na indústria cervejeira do país (SANTOS, 2004).

No final da década de 1880 a produção de cervejas tornou-se industrial, com a fundação, em São Paulo, da Antarctica e, no Rio de Janeiro, da Brahma. Em 1966 e 1967 surgem a Cerpa-Cervejaria Paraense e a Skol. Em 1980, surge a cervejaria kaiser em Divinópolis (MG), e em 1989 a Primo Schincariol passa a produzir a cerveja no interior de São Paulo (VIOTTI, 2012a).

Em 1999, ocorreu a aquisição da empresa Antarctica pela empresa Brahma, resultando na Ambev (Companhia de Bebidas das Américas), que se tornou parte da Inbev, a maior empresa de cervejas do mundo em 2004 (VIOTTI, 2012a). Em 2008, a Inbev comprou o grupo Anheuser-Busch e junto com a aquisição está a cerveja Budweiser que é a mais vendida dos EUA. Atualmente o grupo controla 21,4% da produção mundial de cervejas (MEIER, 2012). A tabela 2 mostra um resumo sobre a evolução da cerveja no Brasil.

Tabela 2: Cronograma da evolução da cerveja no Brasil

PERIODO-ANO	EVOLUÇÃO CRONOLOGICA DA CERVEJA
1966	Surge a Cerpa, Cervejaria Paraense
1967	Surge a Skol
1980	Surge a Kaiser, em Minas Gerais;
1989	Da fusão da Brahma e da Antarctica surge a Ambev;
2004	Da fusão da Ambev com a belga Interbrew nasce a InBev, maior produtora mundial de cerveja.
2008	A InBev adquire a Anheuser-Bush e se torna a ABInbev (Anheuser-Bush Inbev).
2010	A aquisição da Kaiser S.A. pela Heineken Brasil.
2011	A companhia baseada em Tóquio, Kirin, compra a cervejaria brasileira Schincariol

Fonte: MORADO, 2009.

2.1.5 CENÁRIO DA CERVEJA NO MUNDO

A produção de cervejas, num contexto mundial, tornou-se um grande negócio. Poucos setores são tão internacionalizados e concorridos, em termos empresariais, quanto o da cerveja (VIOTTI, 2012b).

A cerveja é a bebida alcoólica mais consumida do mundo. A sua venda mundial alcançou US\$405,9 bilhões em 2008 e deve se aproximar de US\$ 442,0 bilhões em 2013 (STEFENON, 2012). Porém, verifica-se uma tendência de queda no consumo em países onde o mercado situa-se em posição de maturidade, que é explicada por algumas hipóteses, como: consequência das campanhas antialcoolismo, taxaço excessiva da cerveja, pouca oferta de cervejas mais complexas do que as pilsen, e competição acirrada com outras bebidas alcoólicas (MEIER, 2012).

A Figura 1 mostra a desaceleração na produção de cervejas em alguns países e crescimento em países subdesenvolvidos e emergentes.

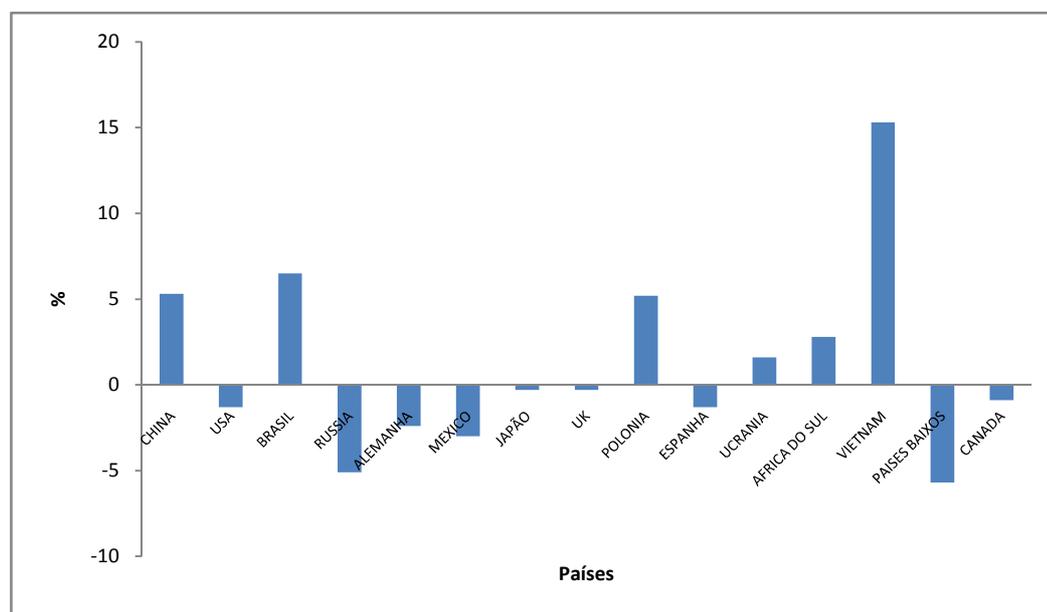


Figura 1: O comportamento produtivo de cervejas no mundo, no ano de 2010.

Fonte: MEIER, 2011.

Por outro lado, a elevação do consumo per capita da bebida em países como o Brasil e a Argentina, por exemplo, tem sido influenciada tanto por fatores ligados ao aumento da renda da população, assim como pela oferta de maior número de marcas (STEFENON, 2012).

Segundo Camargo e Barbosa (2005), assiste-se atualmente a uma estruturação produtiva em todos os níveis, que se apresenta sob várias formas de parcerias e alianças empresariais. Uma maneira rápida de uma empresa

conquistar e se consolidar no mercado consiste na combinação com outras empresas, por meio dos processos conhecidos como fusões e aquisições.

A criação da ABInbev ilustra o processo de consolidação dos grandes grupos empresariais no ramo cervejeiro. Em 2004, a fusão da belga Interbrew (que já havia adquirido, por exemplo, a Labatt no Canadá, a Witbread e Bass no Reino Unido, a Rolling Rock nos EUA e a Dos Equis no México) com a brasileira Ambev (fruto da fusão das brasileiras Antarctica e Brahma) criou a multinacional Inbev, que passou a ocupar a segunda colocação do ranking das maiores cervejarias, estando apta, inclusive, a competir com a cervejaria norte-americana AnheuserBusch. Ao longo dos anos subsequentes a sua criação, a Inbev adquiriu outras cervejarias de menor porte, até que, em 2008, adquiriu a líder AnheuserBusch, formando a ABInbev e consolidando sua posição como líder do mercado mundial.

O grupo das quatro maiores companhias do segmento cervejeiro que são ABInbev, SABMiller, Heineken e Carlsberg, tinham uma fatia de 21,7% do mercado mundial em 2001; em 2005 a fatia estava em 35,6% e, em 2009, em 41,8%, devido a fusões e aquisições. (EUROMONITOR INTERNATIONAL, 2010).

Na atualidade, segundo Meier (2012), as cinco maiores cervejarias são as responsáveis por aproximadamente 50% da produção mundial de cervejas. O grupo é formado pelas seguintes companhias: ABInbev, SABMiller, Carlsberg e China ResourceBreweryLtd.

2.1.6 O CRESCIMENTO DO MERCADO DE CERVEJAS

O mercado mundial de cervejas cresceu como um todo, depois de 2008. Os mercados emergentes, como Ásia, África, e América Latina, são os responsáveis pela tendência de elevação nas vendas, enquanto os mercados considerados tradicionais, como a América do Norte e a Europa Ocidental, declinaram, mostrando uma pequena queda no consumo e nas vendas.

Entre os fatos apontados para esse declínio, além dos prolongados efeitos de uma crise econômica, analistas da indústria destacam o envelhecimento da

população, a desindustrialização da economia, assim como o fortalecimento de outros setores, como o de serviços, entre outros.

Os países que tem se mostrado potencialmente mais atraentes às cervejarias são o Brasil, a Índia, o Vietnã e a Nigéria. Nesses mercados, a combinação de população elevada (ou em crescimento), avanço da urbanização, melhoria do desempenho econômico e um ainda baixo consumo per capita determinam as estratégias das empresas cervejeiras (VIOTTI, 2012b).

Europa, América e Ásia responderam por 93,8% da produção global de cervejas em 2008, com a China posicionando-se como o maior produtor mundial da bebida com 410 milhões de hectolitros, respondendo com 71,7% da produção total do continente asiático e por 22,6% da produção global. Além da China, os Estados Unidos, Brasil, Rússia e Alemanha completam na atualidade o ranking dos maiores produtores, que, juntos, respondem por 53,1% da produção global.

A produção mundial de cervejas em 2011 teve um aumento de 60 milhões de hectolitros em relação a 2010. Em 2011 obteve a maior produção mundial de cervejas já registrada, com 1,9 milhões de hectolitros de cerveja. Nem todos os países participaram deste aumento de produção, mas a China foi responsável por 42 milhões de hectolitros de cerveja deste aumento. Os principais continentes responsáveis pelo aumento do volume produzido são a China e a África (MEIER, 2012).

A Figura 2 mostra os cinco países com maior produção de cerveja no mundo, onde a China se encontra em primeiro lugar e o Brasil em terceiro.

Em 2011, assim como em 2010, quase 92% da produção total de cervejas ficou entre os quarenta maiores países produtores de cervejas, como mostra a Tabela 3 (MEIER, 2012).

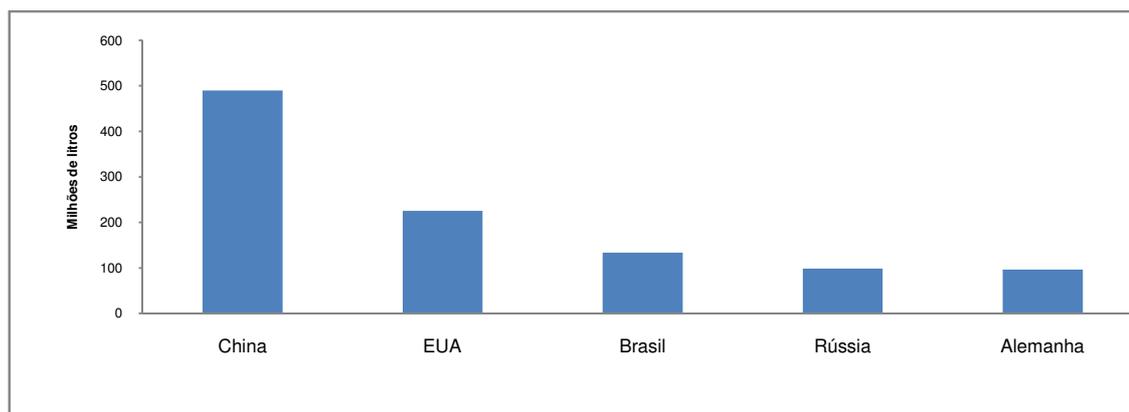


Figura 2: Os países com maior produção de cervejas do mundo – Fonte: Meier, 2012.

Tabela 3: Principais países produtores de cerveja

País	População em milhões de habitantes	PIB em US\$ bilhões	Produção de cerveja em milhões de hectolitros	Consumo anual per capita médio em litros
1 China	1.338,90	5.926,60	489,88	36
2 EUA	310	14.586,70	225,337	75
3 Brasil	185	2.087,80	133	62
4 Rússia	141,8	1.479,80	98,14	75
5 Alemanha	81,8	3.284,50	95,545	107
6 México	109	1.034,80	81,5	61
7 Japão	127	5.458,30	56	48
8 Reino Unido	61,8	2.248,80	45,701	77
9 Polônia	38,2	469,4	37,85	89
10 Espanha	46	1.407,90	33,6	78
11 África	50	363,7	30,87	57
12 Ucrânia	46	137,9	30,51	56
13 Vietnã	88	106,42	27,8	35
14 Países Baixos	17	779,3	23,6	73
15 Venezuela	28,7	291,8	23,5	76
16 Colômbia	45,7	288,8	21	42
17 Tailândia	68	318,5	20,6	29
18 Nigéria	158	193,6	19,596	9
19 Canadá	34	1.577,00	19,515	65
20 Índia	1.771	1.727,10	18,5	2
21 Coreia do Sul	49	1.014,40	18,497	39
22 República Tcheca	10,6	192	18,191	143
23 Bélgica	10,8	469,3	18,15	81
24 Austrália	22	924,8	17,38	82
25 França	65	2.560,00	17,1	29
26 Argentina	41	379,7	17	45
27 Romênia	21,5	161,6	89	79
28 Filipinas	94	199,5	15,7	18
29 Itália	60,2	2.051,40	12,51	29
30 Peru	29,2	157	11,5	48
31 Turquia	76	734,4	9,8	12
32 Áustria	8,4	379	8,917	108
33 Portugal	11,1	228,8	8,25	56
34 Angola	19	84,4	8,2	53
35 Irlanda	4,4	211,4	8,1	94
36 Dinamarca	5,5	309,8	6,3	66
37 Hungria	10	128,6	6	62
38 Camarões	19,5	22,4	6	37
39 Sérvia	7,3	38,4	5,523	61
40 Equador	14	63,2	5,5	39

Fonte: MEIER 2012.

A Tabela 4 mostra a evolução dos países que mais produzem cerveja, entre os anos de 1990 até 2011. Verifica-se que países emergentes estão cada vez com produção maior de cervejas. Observa-se, por exemplo, que a Alemanha perdeu a posição de terceiro maior produtor para o Brasil e Rússia.

Tabela 4: Evolução dos quarenta países com maior produtividade em 2011

	PAÍS	PRODUÇÃO EM 1990	PRODUÇÃO EM 2000	PRODUÇÃO EM 2010	PRODUÇÃO EM 2011
1	China	70	220	448,304	489,88
2	EUA	238,997	232,5	228,982	225,337
3	Brasil	58	82,6	128,7	133,00*
4	Rússia	n/d	54,9	102,93	98,14
5	Alemanha	120,161	110,429	95,683	95,545
6	México	39,743	57,812	79,889	81,5
7	Japão	65,617	70,998	58,1	56
8	Reino Unido	63,034	55,279	44,997	45,701
9	Polónia	12,24	24	36	37,85
10	Espanha	27,315	26,4	33,375	33,6
11	África	22,5	24,5	29,6	30,87
12	Ucrânia	15	10,27	31	30,511
13	Vietnã	1	7,43	26,5	27,800*
14	Países Baixos	20,047	25,072	23,936	23,500*
15	Venezuela	11	18,59	20	23,500*
16	Colômbia	17,5	13,5	20,5	21,000*
17	Tailândia	2,62	11,543	19,95	20,6
18	Nigéria	8	6,3	17,6	19,596
19	Canadá	22,565	23,074	19,647	19,515
20	Índia	3,3	5,5	15,6	18,5
21	Coreia do Sul	12,69	18,568	18,173	18,497
22	República Tcheca	n/d	17,916	17,661	18,191
23	Bélgica	14,141	14,733	18,123	18,150*
24	Austrália	19,548	17,15	17,42	17,38
25	França	21,398	18,926	15,6	17,1
26	Argentina	6,9	12	17,5	17,000*
27	Romênia	13,1	12,097	17	17
28	Filipinas	15	12,2	15,7	15,7
29	Itália	11,067	12,575	12,37	12,51
30	Peru	4,9	5627	11	11,500*
31	Turquia	3,7	6,903	9,67	9,8
32	Áustria	9,6	8,75	8,67	8,917
33	Portugal	6,995	6,451	8,312	8,250*
34	Angola	500	1,232	7,362	8,200*
35	Irlanda	4,853	8,71	8,249	8,100*
36	Dinamarca	8,51	7,46	6,335	6,300*
37	Hungria	9,823	7,3	6	6,000*
38	Camarões	4,505	3,674	5,89	6
39	Sérvia	n/d	n/d	5,383	5,523
40	Equador	1,7	2,454	5,7	5,500*
	TOTAL	987,569	1.275,42	1.713,41	1.767,62
	Produção mundial em 2011				1.925,16

Fonte: MEIER, 2012.

De outro modo, a figura 3 mostra a evolução da produção de cervejas em alguns países. Observa-se o crescimento acentuado na China, seguido pelo Brasil e Rússia. Em contrapartida, nota-se a redução na produção nos Estados Unidos e na Alemanha.

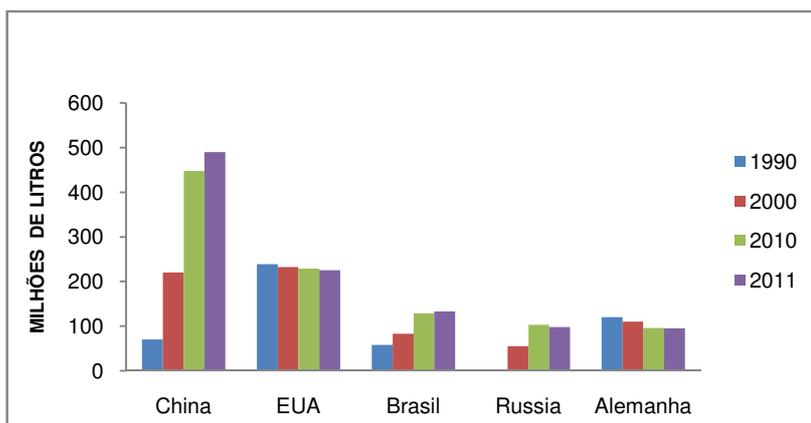


Figura 3: Apresenta a evolução dos cinco países com maior produtividade em 2011.
Fonte: MEIER, 2012.

Os 40 maiores grupos cervejeiros que se encontram no mundo, produziram 1.767,62 milhões de hectolitros em 2011. O total geral produzido é de 1.925,20 milhões de hectolitros.

As estratégias de expansão das empresas líderes sustentam-se na busca de alvos de aquisição em outros mercados promissores em todo o mundo, como a Índia e a América do Sul. Conseqüentemente, o processo de consolidação desses grandes grupos empresariais está transformando a estrutura da indústria cervejeira de uma série de oligopólios nacionais para uns poucos conglomerados globais (GALLAGHER, 2011).

Existe outro tipo de crescimento, nos países com maior participação de mercado mundial e que vem ocorrendo por vários anos, trata-se do crescimento de número de cervejarias. Como exemplo, pode-se mencionar os USA que tem 1.989 cervejarias. Este crescimento de cervejarias ocorre pela valorização da cerveja artesanal, mas impacta sobre a indústria de Lúpulo. Os cervejeiros artesanais criam receitas de cervejas nas quais se emprega mais lúpulo em comparação as cervejas dos grandes grupos (MEIER, 2012).

Estes fabricantes mundiais, vêem os mercados emergentes cada vez mais atraentes para o seu crescimento. As fortes vendas na Ásia, África e América Latina tem ajudado essas empresas a compensar volumes de enfraquecimento em seus tradicionais mercados. Nesse sentido, as pequenas cervejarias artesanais locais, que possuem atuação destacada em seus países passam a ser os alvos mais prováveis das grandes empresas (GALLAGHER, 2011).

2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DA CERVEJA

A cerveja é uma bebida de ampla produção e consumo no mundo. Ela pode ser definida como uma bebida de baixo teor alcoólico, sendo preparada pela via fermentativa, usando o gênero *saccharomyces* e o mosto, composto por lúpulo, água e cereais não maltados, tais como trigo e arroz (MEGA e ANDRADE, 2011).

Na definição segundo Instrução normativa SDA/MAA 54/2001 (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento) entende-se por cerveja a bebida resultante da fermentação (mediante levedura cervejeira) do mosto de cevada malteada ou do extrato de malte, submetido previamente a um processo de cocção, adicionado de lúpulo. Uma parte da cevada malteada ou do extrato de malte poderá ser substituída por adjuntos cervejeiros.

Os adjuntos cervejeiros são as matérias-primas que substituem parcialmente o malte ou o extrato de malte na elaboração da cerveja. Normalmente o seu emprego não poderá ser superior a 45% em relação ao extrato primitivo. Quando se tratar de açúcares vegetais provenientes dos cereais, a quantidade máxima de açúcares empregada em relação ao seu extrato primitivo na cerveja clara deve ser menor ou igual a 10% em peso (GALLAGHER, 2011).

2.2.1 MATÉRIAS PRIMAS USADAS NO PROCESSO CERVEJEIRO

A cevada é uma das principais matérias primas usadas na produção da cerveja, segundo Kunze (2006). A tabela 5 mostra a composição da cevada.

Tabela 5: Componentes da cevada

ELEMENTO	PORCENTAGEM (%)
Amido	50 a 65 o elemento mais importante da cevada.
Açúcar	1,8 a 2
Celulose	5 a 6 estão na casca.
Hemiceluloses	É o elemento principal das paredes do endosperma.
Proteínas totais	De 8 a 16. Não deve passar de 11,5% como substância seca.
Gorduras	2 se encontram principalmente no gérmen.
Minerais	2 a 3.

Fonte: KUNZE, 2006.

Inicialmente a cevada é submetida ao processo de malteação, usando-se métodos artificiais que forçam o grão a germinar. A malteação é importante para o amolecimento da parte interna do grão e solubilização do amido. Para que isto aconteça é necessária a ativação de várias enzimas e a produção de outras. Dentre as etapas de malteação ocorrem: secagem, armazenamento, limpeza, separação da cevada por tamanho, amolecimento do grão via água, germinação e secagem do malte verde e no final, retirada do gérmen e seu armazenamento (TROMMER, 2011).

Entende-se por cevada malteada, ou malte, o grão de cevada cervejeira submetida a germinação parcial e posterior desidratação e/ou tostagem, em condições tecnológicas adequadas. Qualquer outro cereal submetido a um processo de malteação deverá denominar-se malte, seguido do nome do cereal (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2001).

O Malte, em seguida vai para o processo de mostura, que é feita através de duas misturas produzidas em laboratório, onde uma recebe malte moído de forma fina (0,20mm) e a outra com malte moído de forma mais grossa (1,00mm). Esse tipo de mostura serve em primeiro lugar para a determinação do teor de extrato do malte sendo avaliados vários itens tais como: tempo de sacarificação, filtração do mosto, cor do mosto, pH, viscosidade e nitrogênio, etc (MEBAK, 1987).

A qualidade do malte, segundo Tsochpe (2001), é determinada por:

- Tamanho dos grãos: 90% de tamanho de 2,5 a 2,8mm;
- Umidade Máxima de 5%, tendo em vista que altos teores de umidade não são recomendados, pois causam problema de moagem, cervejas menos estáveis e problemas na estabilidade de espuma;
- Rendimento do malte por moagem fina entre 79 a 82%, sendo esta análise determina o extrato de mosto frio a partir de um determinado malte e também é o critério de avaliação do rendimento da etapa de brassagem;
- Diferenciar moagem fina da moagem grossa (1,5 a 2,5%): Refere-se à diferença entre o rendimento de moagem grossa e a moagem fina, e indica o

grau de modificação do corpo farináceo do malte, sendo que altos valores causam baixos rendimentos na etapa de brassagem;

- Poder diastático (mínimo 180WK): Relaciona com o teor de enzimas amilolíticas do malte, especialmente da beta-amilase. Valores baixos podem gerar a não conversão do amido em açúcares de baixo peso molecular e conseqüentemente dificuldades de sacarificação na mostura;

- Cor após a cocção (5,0 a 7,0 EBC): Indica a cor do mosto em EBC preparado com puro malte;

- Precursores DMS (Máximo 6,0 mg/Kg): Informa a quantidade total de DMS que pode ser formado. Valores altos podem resultar em sabor de vegetais cozidos na cerveja pronta;

- Sacarificação: Tempo necessário para a conversão do amido em açúcares, sendo 15 minutos um bom resultado para produção comercial;

- Proteínas totais: decorrentes das condições de cultivo da cevada e adubação, devem estar entre 9,5% e 12%;

- Viscosidade: A viscosidade do mosto indica qual vai ser o tempo de filtração do mosto na brassagem, deve estar entre 1,51 e 1,63 mpa/seg;

- Água de processamento: Representa a maior parte da cerveja, em torno de 90%, e exerce grande influência sobre a qualidade da bebida (TSCHOPE, 2001) e deve ser apta para o consumo humano (MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, 2001).

Mesmo sendo um ingrediente fundamental no processo de fabricação da cerveja, não se pode dizer, que uma cerveja seja “melhor” ou “mais saborosa” que outra porque sua fonte de água é mais pura. Existem, cervejarias que produzem excelentes cervejas mesmo com água do mar dessalinizada. Hoje minerais podem ser removidos ou adicionados à água, para modificá-la. (MORADO, 2009).

A composição química da água influencia na qualidade da cerveja. Por exemplo, o pH da água aceitável para cervejaria se encontra entre 6,0 a 6,5. O pH ótimo para mostura se encontra no faixa de 5,4 a 5,6, onde as enzimas da

cevada malteada apresentam bom rendimento (TROMMER, 2011). Grande parte do ferro fica retida no bagaço da filtração do mosto. Sua ação é negativa para a qualidade da cerveja. Zinco a quantidade deve ser corrigida com a adição de Sulfato de Zinco na fervura do mosto. O Zinco ativa a síntese de proteínas, estimulando o crescimento da levedura. Teores acima de 0,6mg/litro têm ação negativa sobre a fermentação e a estabilidade coloidal (TSCHOPE, 2001).

O lúpulo utilizado na fabricação da cerveja corresponde as flores secas da planta fêmea do Lúpulo (*humulus lupulus*), que é natural de muitas zonas temperadas do Hemisfério Norte. As regiões mais importantes no cultivo de lúpulo são: Alemanha, Estados Unidos, Republica Tcheca, China e Ucrânia (TSCHOPE, 2001). Sua presença confere à bebida o amargor característico da maioria das cervejas. Além disso, seus aromas, com notas que variam do herbal ao floral, do frutado ao condimentado, fazem parte da essência de muitos estilos de cervejas (MORADO, 2009). A tabela 6 mostra a composição média do lúpulo.

Tabela 6: Composição do Lúpulo

COMPONENTES DO LÚPULO	EFEITO
Taninos e polifenóis	Coagulação protéica
Substancias amargas	Amargor
Óleos essenciais	Aroma

Fonte: TSCHOPE, 2001.

São três os grupos de compostos do lúpulo de maior importância para a produção de cerveja: as resinas, os polifenóis e os óleos essenciais. O sabor amargo que o lúpulo proporciona à cerveja é proveniente da isomerização dos alfas-ácidos presentes no lúpulo. Essa isomerização, no processo tradicional de produção de cervejas, ocorre no momento da fervura do mosto. As moléculas de alfa-ácido são pouco solúveis em uma solução aquosa como o mosto e, desta forma, transferem pouco amargor à solução. A forma isomerizada é bastante solúvel no mosto e amarga. Os betas-ácidos não

conferem um amargor desejável à cerveja e, quando isomerizados, conferem um amargor desagradável. As resinas do lúpulo são importantes na composição do lúpulo, devido a contribuir com a preservação da qualidade da cerveja pronta, na medida em que a protegem contra oxidação. Os óleos essenciais são voláteis e sua intensidade na cerveja será tanto maior quanto maior for a dosagem e também o momento dessa dosagem, normalmente ao final da fervura ou na fase de filtração da cerveja já maturada (NOGUEIRA, 2010).

Segundo Nogueira (2010), os principais tipos de lúpulos são:

- Pellet: Existem dois tipos, o 45 e o 90. Os números representam a relação de peso original dos cones de lúpulo, ou seja, depois de limpos e separados, os cones de lúpulo são processados e os do tipo 90 são reduzidos a 90% do peso original. O mesmo acontece com o 45 e significa que a quantidade de substâncias, que realmente importa para a fabricação da cerveja, está mais concentrada.
- Extrato de lúpulo: Trata-se de um fluido viscoso obtido através da extração de componentes amargos do lúpulo em pellet, usando dióxido de carbono líquido em condições supercríticas. Normalmente é utilizado para complementar uma dosagem de lúpulo em forma de pellet. A forma de extrato é estável, menos suscetível a variações de qualidade.
- Extrato de lúpulo Isomerizado: Consiste em de uma solução aquosa de sais de potássio de iso alfa-ácidos. Possui os alfas-ácidos em forma isomerizada e podem ser adicionados na panela de fervura como os demais extratos ou após a fermentação para um melhor aproveitamento.
- Pellet Isomerizado: Parte dos alfas-ácidos é pré-isomerizada logo após a peletização por ação de óxido de magnésio adicionado no momento de extração e temperatura elevada após a extrusão. Podem ser utilizados na caldeira de mosto antes da fervura.
- Extrato estável à luz: São compostos desenvolvidos para produção de cervejas destinadas ao envase em garrafas incolores que não tem proteção contra incidência de luz. Podem ser produzidos com alfa-ácidos isomerizados

reduzidos em forma de sal de potássio ou produtos que não têm alfas-ácidos, isomerizados ou não. A grande vantagem é não produzirem o *off-flavour* conhecido com *light struck* (gosto de luz, em tradução grosseira).

A levedura é um micro-organismo unicelular responsável, na cervejaria, pela fermentação alcoólica que obtém a sua energia na presença de oxigênio (aeróbio), durante a fase de respiração e, na ausência de oxigênio (anaeróbio), durante a fase de fermentação (TSCHOPE, 2001; KUNZE, 2006). Para a transformação de certos açúcares em álcool e dióxido de carbono é utilizado o fungo *Saccharomyces Cerevisiae* (TSCHOPE, 2001).

As leveduras são cepas selecionadas que são propagadas de forma pura para serem utilizadas unicamente no processo de obtenção de cervejas. São usadas as leveduras *Saccharomyces* para fermentação de vinhos, aguardente, cerveja etc. (SILVA, 1980). A levedura não apenas faz a fermentação alcoólica, mas por seus subprodutos influencia no sabor e nas características da cerveja pronta (KUNZE, 2006).

Leveduras de baixa fermentação (Lager) localizam-se no meio, como células únicas. Leveduras de alta fermentação (Ale) formam cordões de leveduras. A levedura filha fica ligada por muito tempo na célula-mãe. A diferença maior entre a levedura Lager e a Ale está na fermentação do trisacarídeorafinose. A rafinose é completamente fermentada pela levedura lager, devido a sua composição de enzimas. As leveduras do tipo Ale consomem $\frac{1}{3}$ da rafinose (KUNZE, 2006). Nas leveduras Ale, durante a fermentação ocorre a elevação das células para a superfície do líquido. Nas Lager, quando estiver finalizando a fermentação, o fermento assenta no fundo do tanque (KUNZE, 2006).

A levedura de alta fermentação, utilizada em processos fermentativos entre 15 e 25°C, produzem aromas típicos frutados e em alguns casos condimentados. As leveduras de baixa fermentação, ativas em temperaturas mais baixas, são utilizadas na maioria dos casos entre 9 e 25°C, para produzir estilos mais neutros do ponto de vista de aromas da fermentação, como as cervejas Pilsen. A ação dos micro-organismos, nesse caso, é mais lenta que a ação dos de alta fermentação (MORADO, 2009).

2.2.2 OBTENÇÃO DA CEVADA MALTEADA PARA O PROCESSO CERVEJEIRO

Malteação é a denominação do processo utilizado para preparar o malte da germinação sob condições controlada, de qualquer cereal. Quando não há indicação, subentende-se que o malte é feito de cevada, em qualquer outro caso acrescenta-se o nome cereal. Assim, tem-se malte de milho, de trigo, de centeio, de aveia e de outros. A malteação consiste em quatro operações: maceração, germinação, secagem e crivagem (HLATKY, 2007).

O mercado de cevada cervejeira segue os padrões de qualidade estabelecidos na portaria 691/96, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Segundo essa portaria, a cevada para malte deve apresentar índices mínimos de 95% de poder germinativo e máximo de 13% de umidade, 12% para proteína, 3% para matérias estranhas e 5% para grãos avariados (HLATKY, 2007).

No recebimento da cevada na maltaria ocorre uma limpeza prévia para a remoção de impurezas, bem como de grãos do tipo refugo, que não interessam ao fabricante de malte.

A cevada colhida não pode ainda ser malteada, pois precisa vencer um período de dormência, isto é, o mecanismo natural que impede de germinar na própria espiga. É a razão pela qual a cevada precisa ser mantida armazenada durante quatro semanas até entrar no processo produtivo. Assim, a cevada é acondicionada em silos especiais de modo que seja mantido o controle de umidade, temperatura e areação. Após a estocagem os grãos passam por uma limpeza rigorosa e uma classificação. Para que a cevada possa germinar o grão precisa se 45 a 47% de umidade que ocorre na etapa denominada de maceração (TSCHOPE, 2001).

A hidratação do grão permite que este possa sintetizar as enzimas necessárias e disponibilizar as reservas nutritivas do endosperma para o processo de germinação. A maceração consiste em manter os grãos de cevada em caixas de maceração em período úmidos que totalizam de 3 a 5 horas e períodos secos com ar saturado de umidade de 18 a 20 horas, dependendo das condições do lote de cevada, envolvendo a exaustão de gás carbônico. O final

da maceração pode ser reconhecido pelo teor de umidade, além do fato de a semente se apresentar macia (KUNZE, 2006).

Quando a produção de enzimas e as modificações no endosperma atingem seu nível ótimo, a atividade biológica deve ser paralisada através da secagem. A secagem se faz entre as temperaturas que variam de 20º a 100ºC conforme o malte desejado que pode ser claro ou escuro. A secagem ao forno ocorre em duas fases. A primeira é a pré-secagem que ocorre entre as temperaturas de 20º a 70ºC por 20 minutos, para o malte atingir de 8 a 12% de umidade. A fase final, chamada de cura, leva um período de 2 a 3 minutos para o malte claro, e 5 a 7 minutos para maltes escuros com o forno entre 70º e 95ºC. Quando o grão sai do processo de secagem, deve estar com umidade próxima de 4%. Após a secagem o grão e o malte, ainda quentes, são separados da radícula e do cálculo por operação posterior a secagem (KUNZE, 2006).

O malte é acondicionado em silos onde passa por um período de repouso de três a quatro semanas para homogeneizar seu teor de umidade e restabelecer as enzimas. Para isto deve estar em ambiente arejado e seco (TSCHOPE, 2001).

2.2.3 PROCESSO DE OBTENÇÃO DE CERVEJA

As principais etapas do processo de produção de cerveja consistem em:

Brassagem ou fabricação de mosto: consiste em uma sequência de procedimentos que transformam o amido e as proteínas contidas no malte em uma solução de açúcares e outras substâncias chamadas de mosto. Os principais processos da brassagem são: moagem, mostura, filtração do mosto, fervura e, finalmente, separação do trub e resfriamento do mosto (MORADO, 2009).

A moagem do malte tem por objetivo quebrar o grão e expor o amido contido no seu interior (TSCHOPE, 2001).

A mostura consiste em adicionar água ao malte moído, submetido a diferentes temperaturas por períodos de tempo determinados. Como resultado, obtém-se uma solução adocicada, denominada mosto, que a esta altura ainda contém bagaço de malte (MORADO, 2009).

A filtração do mosto consiste na separação do mosto líquido do bagaço de malte. O objetivo do processo de clarificação do mosto é a separação das substâncias tornadas solúveis na operação de mosturação daquelas remanescentes insolúveis no chamado bagaço de malte. Segundo Tschope (2001), a operação se processa em duas fases: o escoamento do mosto primário para a tina de fervura e a lavagem do bagaço para extração do mosto secundário.

Após a filtração do mosto primário, adiciona-se água ao bagaço, extraíndo parte do mosto ainda embebido nas cascas (mosto secundário). A temperatura dessa água não deve ser elevada, de modo a evitar a extração excessiva de polifenóis, o que pode prejudicar o sabor da cerveja (MORADO, 2009).

Na etapa de fervura, o mosto recebido através do processo de filtração é cozido e, em seguida, adiciona-se lúpulo. Estas medidas provocam a evaporação da água em excesso do mosto, para atingir a concentração desejada de extrato, além da desnaturação das enzimas, retirada de excesso proteico na forma de trub quente e a dissolução do lúpulo dentro do mosto (TROMMER, 2011).

Segundo Tschope (2001), os objetivos da ebulição do mosto são múltiplos e todas as operações se desenvolvem simultaneamente na caldeira de fervura, seguindo: inativação das enzimas, esterilização do mosto, coagulação de compostos proteicos, transferência dos componentes aromáticos e amargos do lúpulo para o mosto.

A fervura estabiliza três aspectos: o biológico, bioquímico, coloidal (aroma e paladar). Também, exerce função importante na definição da cor e do sabor da cerveja, devido à ação da caramelização e à reação com os açúcares e aminoácidos contidos no mosto (MORADO, 2009).

O tratamento do mosto ocorre, após a fervura até a entrada no tanque de fermentação, incluindo a dosagem da levedura e oxigênio. Após a fervura, o mosto passa por um processo de separação da fase protéica (o trub). Isto pode ser feito de diversas formas, mas o método mais utilizado é a sedimentação.

O resfriamento é necessário para que o mosto atinja a temperatura desejada para a fermentação. Em geral, são utilizados trocadores de calor do tipo placas. O resfriamento deve ser feito o mais rápido possível, para evitar a formação de aromas indesejáveis e o risco de contaminação. O mosto, então, é areado para fornecer à levedura o oxigênio de que ela necessita para a multiplicação celular, fase importante na formação de aromas (MORADO, 2009).

A fermentação consiste basicamente na transformação, pela levedura, de açúcares em dióxido de carbono e etanol. Muitos outros compostos são formados nesta etapa, como subprodutos do metabolismo da levedura. Procura-se, então, administrar a fermentação de modo a favorecer a produção e a manutenção dos aromas desejáveis e a eliminação dos indesejáveis. Os fatores mais importantes que concorrem para isso são: a temperatura de fermentação, a duração, a contrapressão, a escolha adequada da levedura e a qualidade a ser empregada (MORADO, 2009).

Os principais processos de transformação da glicose são a fermentação e a respiração aeróbica. Uma molécula de glicose “respirada” libera energia suficiente para recarregar 38 ATP’s e uma molécula de glicose “fermentada” produz apenas 2 ATP’s (TROMMER, 2011).

De 2,06 g de extrato (açúcares fermentescíveis) tem-se, após a fermentação com levedura, 1g de álcool, 0,95g de gás carbônico e 0,11g de levedura (TROMMER, 2011).

Na respiração, a multiplicação da levedura é elevada, ocorrendo muita formação de biomassa e água no lugar do álcool (MORADO, 2009).

Segundo Trommer (2011), os aromas são divididos em:

- Aromas jovens, que podem ser retirados durante o processo da fermentação e maturação que são: o Diacetil e ligações de enxofre;

- Aromas constantes, que ao contrário dos aromas jovens, os aromas constantes não são possíveis de serem retirados da cerveja em seu processo de elaboração como neutralizados sensorialmente, apenas controlada sua produção durante o processo de obtenção da cerveja. São alcoóis superiores, ésteres e ácidos orgânicos.

A maturação ocorre após a retirada das leveduras, que, em geral, ocorre em temperaturas inferiores às de fermentação. Durante esta fase acontecem reações físico-químicas que transformam o aspecto visual e produzem alguns aromas e sabores. Essa etapa é considerada por muitos o “afinamento” da cerveja. Algumas cervejarias, que se dedicam à produção de cervejas especiais, aproveitam esta etapa para fazer a adição de especiarias, frutas ou lascas de madeira, que conferem características próprias de aroma e sabor à bebida (MORADO, 2009). Segundo Tschope (2010), os objetivos do processo de maturação são:

- Clarificação: é feita pela sedimentação do fermento residual e partículas amorfas diversas;
- Estabilidade coloidal: ocorrem pela formação seguida da sedimentação de complexos protéicos, insolúveis a baixa temperatura (trub a frio);
- Carbonatação: é feita pela formação de CO₂ no processo de fermentação secundário em alguns casos.

A precipitação das leveduras e a formação, a baixa temperatura, de complexos de proteínas e polifenóis, ajudam na clarificação da cerveja (MORADO, 2009).

Além da formação dos subprodutos, segundo Trommer (2011), aparecem na fermentação e maturação e outras transformações, que são:

- Transformações da composição das proteínas;
- Cor da cerveja;
- Retirada de materiais amargos e adstringentes;
- Clarificação e estabilização coloidal da cerveja;
- Absorção do CO₂ pela cerveja.

A filtração da cerveja promove o acabamento brilhante, eliminando quase totalmente as leveduras que ainda restam no final da maturação. Em alguns casos, são utilizadas centrífugas antes da filtração, para reduzir ainda mais a quantidade de células em suspensão, aumentando a eficiência do processo. O método mais utilizado é a filtração com o uso de terra diatomácea. Durante a filtração da cerveja ocorre a absorção e a peneiração, onde as células de fermento e substâncias turvantes da cerveja pronta são absorvidos e peneirados, através dos materiais de apoio (TROMMER, 2011).

Certas cervejas como, por exemplo, cervejas de trigo e algumas Ale, chamadas de “autênticas”, não passam pelo processo de filtração para que as leveduras ainda sejam mantidas mesmo depois de envasada a bebida (MORADO, 2009).

A fase de embalagem e despacho ao consumidor final é um momento crítico para o futuro do produto, porque ele deixa o recipiente, no ambiente controlado em que foi gestado, e é exposto ao ambiente externo, que pode ser agressivo. A assepsia das instalações, dos barris e das garrafas é fundamental para assegurar a qualidade e a estabilidade da cerveja (MORADO, 2009).

Depois de filtrada, a cerveja é depositada em barris, em temperatura da ordem de zero grau. Os barris, previamente lavados, e o enchimento é feito sob pressão. Normalmente, utiliza-se CO₂ ou N₂ e, às vezes, uma mistura dos dois gases, com o intuito de favorecer a estabilidade da espuma (MORADO, 2009).

A cerveja é uma bebida muito sensível, sujeita a deterioração rápida. Com o desenvolvimento do processo de pasteurização e de sistemas avançados de refrigeração, a cerveja envasada tornou-se mais estável, o que permitiu sua distribuição para localidades distantes da cervejaria. O setor de engarrafamento é crítico no tocante ao controle de qualidade, porque é também passível de contaminações. E a limpeza do local e dos vasilhames são processos que consomem água em grande quantidade (MORADO, 2009).

A pasteurização consiste em aquecer a bebida com seu recipiente e rolha, em torno de 60°C, por um período curto, de modo a proporcionar um ganho na sua estabilidade, microbiológica, eliminando micro-organismos que podem alterar o sabor. Existem outros métodos de pasteurização (KUNZE, 2006).

2.2.4 RECICLO E REAPROVEITAMENTO DAS SAÍDAS DO PROCESSO CERVEJEIRO

Produção limpa é continuamente seguida pelas indústrias cervejeiras para reduzir consumo, emissão de produtos do processo e serviços durante a produção (DANBREW, 2007).

As cascas de bagaço provenientes da cevada malteada são geralmente usadas para a produção de compostos de baixo valor agregado como na alimentação de gado ou adubação em campos (JAY *et al.*, 2004).

Alternativamente, as cascas do malte podem ser hidrolisadas para produção de *Xilo-oligosaccharideos* que substituem o açúcar (CARVALHO *et al.*, 2005).

Muitas cervejarias reutilizam o trub movendo-o para o tanque de filtração de uma nova batelada, onde se mistura com o bagaço e o extrato que se encontra no trub e é extraído juntamente com o bagaço. Muitas cervejarias enviam o trub para o silo de bagaço de malte e não o reutilizam (KUNZE, 2006).

Uma parte do fermento pode ser reutilizada para uma nova produção. O fermento é muito rico em proteína e vitaminas do complexo B, podendo ser utilizado na indústria alimentar animal, como alimento suplementar e na indústria farmacêutica para elaboração de comprimidos de levedura (FILLAUDEAU *et al.*, 2006).

A terra diatomácea tem diferentes métodos de regeneração que estão em desenvolvimento (OLAJIRE, 2012). Quando utilizada na filtração de cerveja ela pode ser causticada junto com terra diatomácea virgem até na proporção de 50%. A dificuldade é o custo da operação. Utilizada na filtração da cerveja, devido à absorção de vários nutrientes, principalmente de elementos derivados de proteínas, é indicada para melhoria de solo (KUNZE, 2006).

Materiais do envase, resíduos sólidos, como polpa de cola da lavagem de garrafas retornáveis e madeira, são levados para aterros sanitários (OLAJIRE, 2012).

2.3 SUSTENTABILIDADE

Sustentabilidade é um termo usado para definir ações e atividades que visam suprir as necessidades dos seres humanos, sem comprometer o futuro das próximas gerações. A sustentabilidade está diretamente relacionada ao desenvolvimento econômico e material, sem agredir o meio ambiente, usando os recursos naturais de forma adequada para que se mantenham no futuro (ONU, 1972).

Sustentabilidade é uma palavra comum, empregada em diversos setores, como administração, economia, engenharia ou no direito. Trata-se de um conceito sistêmico, que correlaciona e integra de forma organizada os aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais.

Segundo Cabrera (2008), toda atividade que envolve e aglutina pessoas tem uma regra clara: para ser sustentável precisa ser economicamente viável, socialmente justo, culturalmente aceito e ecologicamente correto.

O produto sustentável é aquele que respeita o consumidor, a sociedade e o meio ambiente. É um produto desejado, competitivo, não faz mal à saúde, tem qualidade comprovada para o que se propõe e é desenvolvido, fabricado e comercializado de forma ambientalmente correta.

A sustentabilidade de um produto ou serviço se processa pela identificação da incorporação os atributos essenciais da sustentabilidade e, normalmente, de atributos complementares, como: responsabilidade social e ambiental do fabricante, comunicação responsável com o consumidor, salubridade e qualidade do produto.

Sustentabilidade de negócios implica nos objetivos de desenvolvimento sustentável nomeados como social, eficiência econômica e performance ambiental em uma prática operacional de uma companhia. Companhias que competem globalmente são cada vez mais obrigadas a se comprometer e informar sobre a sustentabilidade global de seus negócios. Existem indicadores de gestão, onde é avaliada e mensurada a sustentabilidade total do negócio (LABUSCHAGNE, 2003).

Economia sustentável é eticamente fundada na ideia de eficiência e não no desperdício, principalmente dos recursos escassos; incluindo também justiça entre humanos presentes e futuras gerações, com a natureza (BAUMGAERTNER *et al.*, 2006).

Em 1997, o órgão denominado *United Nations Environment Programme* (UNEP), juntamente com a coalizão não governamental *Environmentally Responsible Economics* (ERES), fundaram a Global Reporting Initiative (GRI) com o objetivo de “melhorar a qualidade” em relação ao rigor e utilidade dos relatórios de sustentabilidade (LABUSCHAGNE, 2003).

O relatório de sustentabilidade GRI é a principal ferramenta de comunicação do desempenho social, ambiental e econômico das organizações. O modelo de relatório da GRI é o mais completo e mundialmente difundido. Seu processo de elaboração contribuiu para o engajamento das partes interessadas da organização, a reflexão dos indicadores e a comunicação com os públicos de interesse (INSTITUTO ETHOS, 2013).

2.3.1 SUSTENTABILIDADE NA CERVEJARIA

Segundo Tokos (2012), os responsáveis pelas cervejarias acham os relatórios complexos, difíceis e com tarefas que consomem muito tempo.

Não existe nenhuma gestão endereçada especificamente para cervejarias, pois elas não fornecem subsídios que permitam efetuar uma abordagem integrada para a sustentabilidade. Geralmente, as ações dentro de uma cervejaria estão voltadas para questões particulares da tradicional produção de cervejas. Contudo, as decisões gerenciais, em geral, se focam em melhorar a eficiência econômica da empresa. Dentro deste objetivo deve estar contido o gerenciamento sustentável, que deve resultar em melhoria econômica (NORDHEIM e BARRASSO, 2007).

Para estabelecer uma produção limpa dentro de uma cervejaria ou em qualquer outra empresa sustentável, é necessário que os agentes envolvidos, (gerentes e técnicos) tenham informações suficientes para que se tome a

decisão correta. A informação deve ser colhida corretamente para ser utilizada e trazer resultados precisos. Dentre essas informações geradas rotineiramente destacam-se: monitoramentos, melhorias na produção, informações relativas ao consumo (NORDHEIM e BARRASSO, 2007).

É importante a utilização de alguns indicadores para sustentabilidade, que integram informações de performance econômicas, ambientais e sociais das cervejarias ao longo do tempo. Eles podem ser usados internamente, para a identificação de pontos críticos, e externamente, para reportar sobre a sustentabilidade para os consumidores (SILVA *et al.*, 2009).

Desenvolvimentos sustentáveis com sistemas de indicadores são cada vez mais reconhecidos como ferramentas a serem usadas na mensuração, rastreamento e melhoria no desempenho sustentável em relação às questões específicas do desenvolvimento das companhias. O principal objetivo do desenvolvimento dos indicadores é antecipar e prever riscos em relação à questão econômica, social e ambiental e, através destas informações, permitirem fazer as decisões corretas (SILVA *et al.*, 2009).

Assim, desenvolvimento sustentável é uma importante questão para cervejarias e tem muitos fatores que as estimulam a adotar este conceito. Grandes cervejarias, em especial, têm o foco de melhoria de eficiência e tem pessoas interessadas em todo o mundo, acompanhando seus índices, assim forçando essas empresas a introduzir metas de sustentabilidade (TOKOS, 2012).

Muitas companhias usam gestão criada pela GRI com o objetivo de fazer relatos de performance ambientais, econômicos, sociais, assim como também financeiros. O GRI encoraja companhias para comparar seus resultados de sustentabilidade com as outras do mesmo segmento.

A metodologia utiliza indicadores e sub-indicadores de dados para monitorar o progresso da cervejaria. Além disso, fornece uma fotografia limpa do desempenho de sustentabilidade. A tarefa é analisar e ter dados compatíveis entre as cervejarias com suas entradas no sistema de forma rotineira. Contudo, a análise é limitada para companhias, que consideram meios de ter indicadores ambientais econômicos e sociais (NORDHEIM e BARRASSO, 2007).

Estes indicadores têm como obrigação relatar todos os estágios de produção, desde o cultivo da matéria-prima, a disposição e reciclagem. O indicador relata também transporte de produtos etc.

São avaliadas todas as matérias-primas que entram no processo, que podem ser recicladas ou tem sua devida disposição após sua utilização. Com exceção do CO₂, CO e NOx, na emissão de GEE (gases de efeito estufa).

A proposta é de definir indicadores, que são normatizados e o correspondente é transformado na dimensão de sub-índice. O próximo passo inclui a incorporação de sub-índice em um índice de sustentabilidade composto, baseado no seu peso. O resultado final é um conjunto de sub-índices para diferentes dimensões de sustentabilidade, conforme mostra a Figura 4 (TOKOS, 2012).

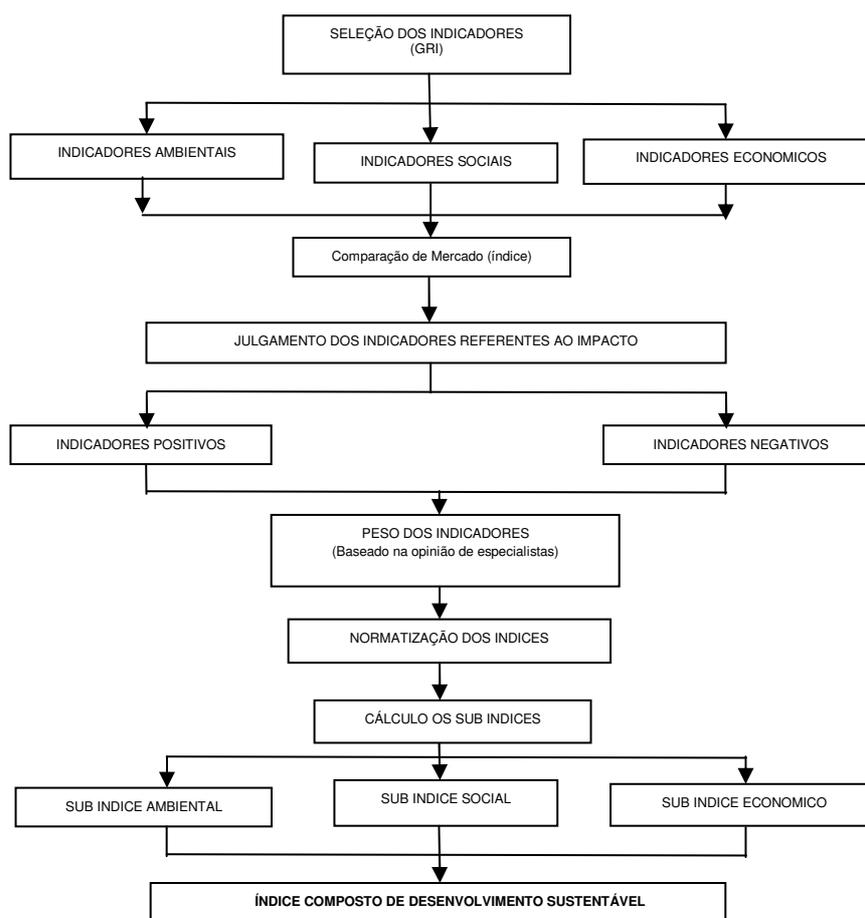


Figura 4: Processo de elaboração dos índices de sustentabilidade. Fonte: TOKOS, 2012.

A metodologia resulta em um índice de sustentabilidade composto e a posição da cervejaria, fornecendo uma indicação unificada. Esse índice composto de sustentabilidade e o sub-índice fornece uma base para avaliação da performance econômica, responsabilidade social e atividades de prevenção de poluição (SILVA *et al.*, 2009).

Para a cervejaria, o índice composto com o valor inferior a 1 (<1) indica o que fazer e decisão para melhorá-lo. Neste caso, especialmente quando o nível do indicador, sub-índice ou índice final, medidas corretivas e de aprimoramentos devem ser efetuadas.

A produção limpa é continuamente empregada nas indústrias cervejeiras para reduzir consumo, emissão de produtos do processo e serviços durante a produção. Uma das principais idéias é reduzir o alto consumo de entrada de materiais entre 20 e 50% sem investimento em novos equipamentos, mas com treinamento de pessoas. A opção preferida oferece a produção limpa com a redução de resíduos na fonte (DRANBREW, 2007).

Para uma efetiva produção limpa o cervejeiro deve-se adotar o “conceito verde” nas novas tecnologias cervejeiras, com eficientes formas de reduzir os consumos, emissões de odor, uso de água para limpeza, resfriamento e o reuso dos resíduos tratados (WALTER 2005; ROBBINS e BRILLAT, 2002).

2.3.2 AVALIAÇÃO DE CICLO DE VIDA

O termo Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) foi utilizado pela primeira vez nos Estados Unidos da América em 1990. A designação histórica para estes estudos de ciclo de vida ambiental, utilizados nos EUA desde 1970, foi denominado *Resource and Environmental Profile Analysis* (REPA) ou Análise e Recursos de Perfil Ambiental (HUND, 2006).

Um dos primeiros estudos quantitativos das emissões, resíduos originados por diferentes embalagens de bebidas e necessidades de recursos foi conduzido pelo *Midwest Research Institute* (MRI) ou Instituto de Pesquisa do Centro-Oeste para a companhia Coca-Cola em 1969. Este estudo nunca foi publicado

devido ao caráter confidencial do seu conteúdo, sendo, no entanto, utilizado pela companhia, no início dos anos setenta, como uma “entrada” nas suas decisões sobre embalagens (HUND, 2006).

No final de 1972, o mesmo instituto (MRI) iniciou um estudo nas embalagens de cervejas e sucos, encomendados pela *U.S. Environmental Protection Agency* (USEPA) ou Agência de Proteção Ambiental, o qual marcou o início do desenvolvimento da ACV (GUINÉE e HEIJUNGS, 2009). A intenção da USEPA foi de examinar as implicações ambientais da utilização de embalagens de vidro reutilizáveis, em vez de lata e garrafas não reutilizáveis. Esta análise foi composta de recursos de perfil ambiental, que envolveu a indústria do vidro do, do aço, do alumínio, do papel, plástico e todos os fornecedores, tendo-se caracterizado mais de 40 materiais. Após o conhecimento dos resultados deste estudo, assumiu-se que o uso de uma garrafa reutilizável seria claramente superior (HUND, 2006).

A partir de 1990, houve um crescimento das atividades ACV na Europa e nos EUA, o qual é refletido no número de congressos e outros fóruns organizados principalmente pela *Society of Environmental toxicology and Chemistry* (SETAC,1991).

Em 1992 foi formada a sociedade para a programação do Desenvolvimento de Ciclo de Vida (DCV), com a missão de juntar recursos, para acelerar o desenvolvimento da metodologia ACV como uma abordagem de gestão aceita para ajudar na tomada de decisão (HINDLE, 2002).

A Organização Internacional para a Normalização (ISO) criou em 1992 um comitê técnico (TC 207/SC 5), tendo em vista a normalização de um número de abordagens de gestão ambiental, incluindo ACV (TIBOR,1996).

A Sociedade para Toxicologia e Química Ambiental (SETAC) define o Ciclo de Vida como sendo um processo de avaliação ambiental associado a um produto, processo ou atividade, identificando e quantificando o uso de energia, matéria-prima, assim como resíduos liberados ao meio ambiente; para avaliar o impacto do uso de matérias-primas e energia no meio ambiente; para identificar e avaliar oportunidades para realizar melhorias ambientais. Avaliação inclui a

totalidade do “Ciclo de Vida do Produto”, processo ou atividade, que abrange desde a extração, processamento do material bruto, fabricação, transporte, distribuição, uso, reutilização, manutenção, reciclagem e descarte final (EPA, 1994). A Figura 5 ilustra os possíveis estágios podem ser considerados em uma ACV e as típicas entradas/saídas medidas.

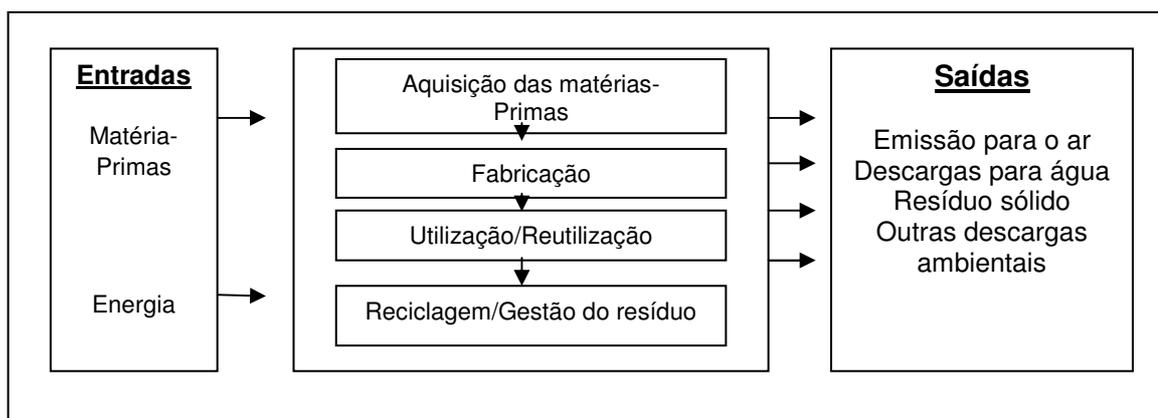


Figura 5: Possíveis estágios da ACV, entradas e saídas. – Fonte: EPA, 1994.

A ACV leva em consideração os aspectos e os possíveis impactos ambientais de um determinado produto ou de algum sistema de prestação de serviço durante a sua vida, desde a aquisição da matéria-prima, passando pela produção, uso e descarte (do berço ao túmulo). Esta informação é de relevância na ajuda da identificação de caminhos para a melhoria de aspectos ambientais de um produto nos vários estágios de ACV, para apoiar a tomada de decisões na indústria, em organizações governamentais ou não governamentais. Pode ajudar substancialmente na seleção dos vários indicadores da atuação ambiental (ARVANITOYANNIS, 2008).

O foco principal da ACV está na determinação dos impactos ambientais nas áreas do estudo do bem estar ecológico, saúde humana e esgotamento de recursos naturais (TANSEY e WORSLEY, 1995).

O conceito de ciclo de vida tem-se estendido para além de um simples método para comparar produtos, sendo visto como uma parte essencial para conseguir objetivos mais abrangentes, tais como sustentabilidade (CURRAN, 1999).

O processo ACV consiste de uma abordagem sistemática composta por quatro componentes: definição de objetivos; análise de inventário; análise de impacto; e, interpretação dos resultados, como se ilustra na Figura 6 (ISO 14040, 2006).

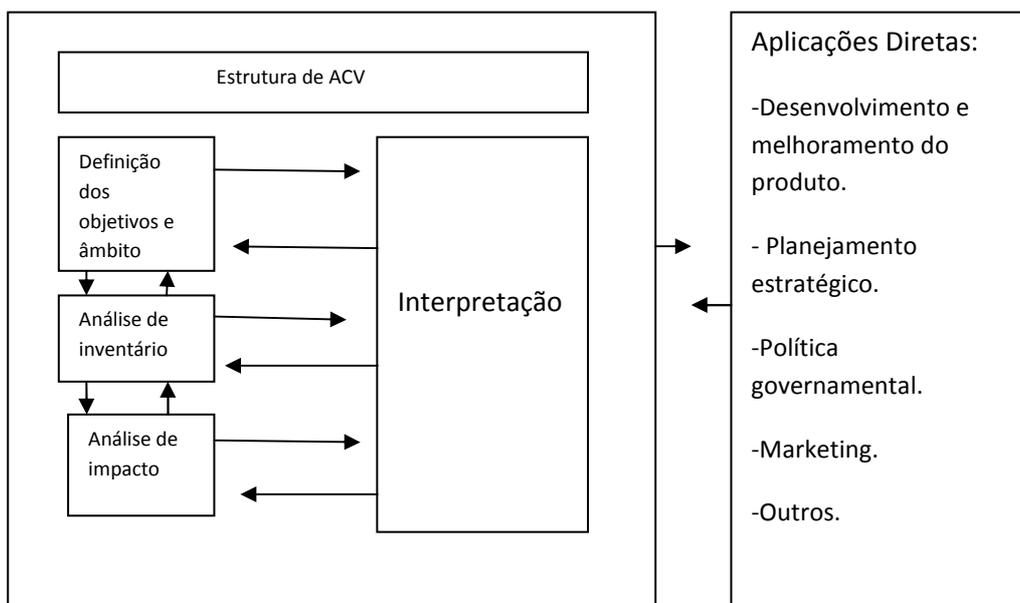


Figura 6: Estrutura de um Ciclo de vida – Fonte: ISO, 2006.

A estrutura da ACV segundo a norma ISO 14040 apresenta de forma resumida os seguintes destaques (ARVANITOYANNIS, 2008):

- Definição de objetivos: define e descreve o produto, processo ou atividade. Identifica os limites e efeitos ambientais a serem revistos para avaliação;
- Análise de inventário: identifica e quantifica a energia, água e matérias-primas e descargas ambientais (ex: emissões para o ar, deposição de resíduos sólidos, descargas de efluentes);
- Análise de impacto: analisa os efeitos humanos e ecológicos da utilização de energia, água, e matérias-primas e das descargas ambientais identificadas na análise de inventário;
- Interpretação: avalia os resultados da análise de inventário e análise de impactos para selecionar o produto preferido, processo ou serviço com uma compreensão clara das incertezas e suposições utilizadas para gerar os resultados.

Os dados de um estudo ACV, em conjunto com outra informação, por exemplo, dados de custo e performance, podem ajudar os responsáveis pela tomada de decisão na seleção de produtos ou processos que resultam num menor impacto para o ambiente. A metodologia ACV permite identificar a transferência de impactos ambientais de um meio para outro (por exemplo, a eliminação de emissões atmosféricas pode ser feita a custo do aumento das emissões de efluentes líquidos) e/ou de um estágio de ciclo de vida para outro (FERREIRA, 2004).

As vantagens de um estudo ACV, segundo Ferreira (2004), são:

- Desenvolver uma sistemática avaliação das consequências ambientais associadas com um dado produto;
- Analisar os balanços (ganho/perda) ambientais associados com um ou mais produtos/processos específicos;
- Quantificar as descargas ambientais para o ar, água e solo relativamente a cada estágio do ciclo de vida e/ou processos que mais contribuem;
- Avaliar os efeitos humanos e ecológicos do consumo de materiais e descargas ambientais para a comunidade local, região e o mundo;
- Comparar os impactos ecológicos e na saúde humana entre produtos e processos ou identificar os impactos de um produto ou processo específico.

Por outro lado, Ferreira (2004) aponta a necessidade de definir e seguir alguns passos para elaboração da ACV de um produto e/ou processo, destacando:

- Definição dos objetivos do estudo: segundo a norma “ISO 14040”, o objetivo de um estudo ACV deve expor de forma não ambígua a aplicação, a razão para realizar o estudo e a como divulgar os resultados do estudo;
- Âmbito do estudo: devem ser considerados e claramente descritos os seguintes itens (ISO 14040): as funções do sistema de produto ou, no caso de estudos comparativos, os sistemas e a unidade funcional; o sistema de produção a ser estudado; os limites do sistema de produto; os procedimentos; as categorias de impacto e metodologias de análise de impacto e subsequente interpretação a ser utilizada; requisitos dos dados; tipo de revisão crítica; tipo e formato de relatório requerido para o estudo;

- Função do sistema e unidade funcional: para descrever um sistema e o seu desempenho, especificam que o sistema global deve ser dividido em séries de subsistemas ligados entre si por fluxos de materiais ou de energia (SETAC, 1991). Uma vez identificadas às componentes do subsistema, cada uma delas pode ser vista como um sistema que irá receber energia, materiais, emitir poluentes para o ar, para a água, resíduos sólidos e outras descargas ambientais além dos produtos úteis, como ilustrado;
- Revisão crítica: considerações, de acordo com a norma ISO 14040, para verificar se um estudo ACV satisfaz os requisitos desta norma internacional quanto à metodologia, dados e relatório;
- Análise de inventário: identifica e quantifica as entradas e saídas de e para o ambiente, do sistema de produto investigado;
- Árvore de processo: desenvolver um fluxograma ou árvore do processo, representando as interligações entre os subsistemas que consistem em três grupos principais que são: seqüência principal de produção, aquisição de matérias-primas, produção, utilização, transporte e deposição do produto; produção de materiais auxiliares (tais como embalagens e maquinaria para processar as matérias-primas) indústria de produção de combustível (que fornecem a energia necessária para fazer funcionar o sistema).
- Recolhimento de dados: de acordo com a norma ISO 14040, devem ser recolhidos os dados para cada processo unitário que esteja incluído dentro dos limites do sistema. O recolhimento de dados é feito em fluxos de entrada e saída, conforme se ilustra na Figura 7 (HEIJUNGS *et al.*, 1992).

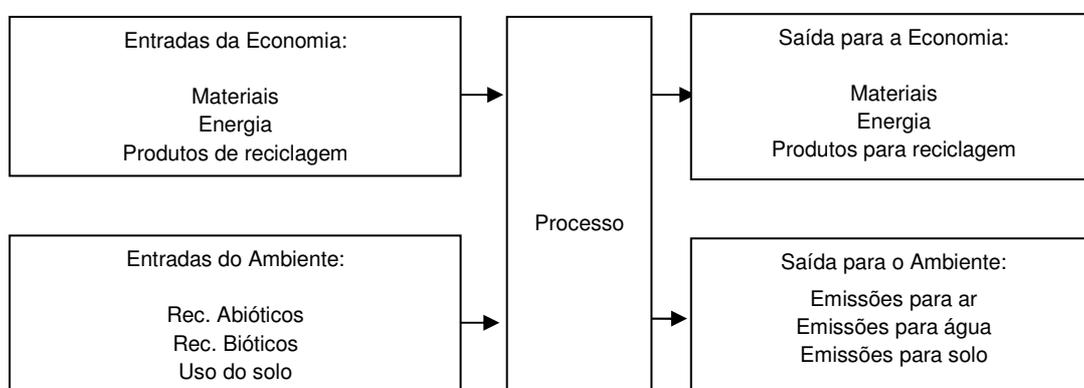


Figura 7: Entradas e saídas da ACV dividido em entradas econômicas e entradas ambientais com suas respectivas saídas – Fonte: HEIJUNGS *et al.*, 1992, adaptado pelo autor.

A interpretação do ciclo de vida é a última fase formal no procedimento ACV, tendo sido introduzida na metodologia, para responder a questões, tais como: Qual a confiança dos resultados deste estudo ACV?, o que significam estas diferenças?, estão os resultados de acordo com o objetivo e âmbito do estudo?, o seu objetivo principal é aumentar a confiança e significado do estudo ACV executado? (SAUR,1997).

De acordo com a ISO1404, a interpretação do ciclo de vida é um procedimento interativo e sistêmico que tem como objetivo: identificar, qualificar, verificar, analisar os resultados, chegar a conclusões, esclarecer limitações, sugerir recomendações baseados nas descobertas das fases procedentes do estudo ACV e relatar os resultados da interpretação do ciclo de vida.

2.3.3 ACV NO PROCESSO CERVEJEIRO

A produção agrícola é o ponto alto na ACV de produção de alimentos, e esta ferramenta pode dar assistência para identificar opções sustentáveis em maior quantidade, devido a recentes desenvolvimentos metodológicos e programas em órgãos locais e internacionais, o seu uso está aumentando rapidamente na agricultura e indústria de alimentos (ROY, 2008b).

Existem muitas dificuldades em conduzir estudos em ACV para produtos alimentícios. Um estudo ideal de ACV completo deve incluir produção agrícola, industrial, armazenamento, distribuição, acondicionamento, consumo e gestão de resíduos. Todos eles em conjunto compreendem um vasto e complexo sistema (KORONEOS *et al.*, 2008).

A produção de alimentos e os sistemas de consumo necessitam de energia e dos recursos naturais. Portanto, a ACV das indústrias alimentícias, entre elas as cervejarias, devem incluir o estudo da energia e dos recursos naturais necessários e os respectivos efeitos deles sobre o meio ambiente.

A cerveja tem como base de produção o uso de grãos, tornando-se produto agrícola alimentício. A produção alimentícia e o meio ambiente devem ser

considerados um conjunto. Por essa razão a ACV de um produto na indústria alimentícia deve estar incluso o estudo da produção agrícola (SIRET, 2001).

Na composição da cerveja, por exemplo, são utilizados grãos de cevada e estudos mostram que as produções desses grãos são significativas e causam danos ao ecossistema, assim como a carga ambiental global, devido às grandes áreas de terra necessárias para este processo. Considera-se que a eutrofização se origina na agricultura pela emissão de fosfato e nitrato usados na plantação da cevada, produção de fertilizantes e possíveis descartes de resíduos (SIRET, 2001). Entretanto, a produção da cerveja não parece ser um estágio preocupante, pois se considera que as cervejarias, em geral, consomem menos energia e produzem menos poluentes do que outras atividades do setor industrial alimentício (CORDELLA *et al.*, 2008).

A figura 8 apresenta as entradas e saídas de materiais de um processo de obtenção de cerveja.

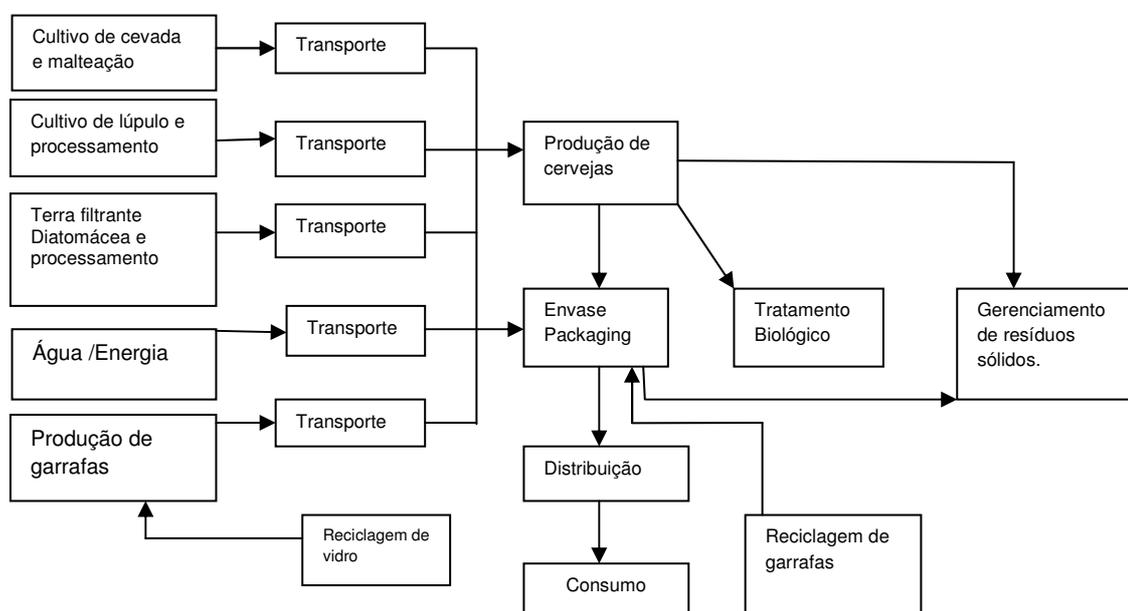


Figura 8: Fluxograma básico da produção de cervejas – Fonte: KORONEOS *et al.*, 2008.

No processo de elaboração de cervejas, a maior porcentagem de consumo de energia, segundo Siret (2001), é no sistema de refrigeração. Também o almoxarifado consome energia no transporte interno e externo, na lavagem de garrafas e pasteurização da cerveja. Entretanto, Koroneos *et al.* (2008) aponta que os maiores consumidores de energia são a produção de garrafas, seguido pelo envase. Ele afirma ainda que o uso de energia primária na caldeira na obtenção da cerveja contribui para o aquecimento global, para a destruição da camada ozônio, acidificação, eutrofização, toxicidade humana, ecotoxinas, etc.

No ciclo de vida completo da cerveja, desde a preparação da matéria-prima até o descarte do produto, o maior consumidor de energia elétrica está na produção de garrafas. Contudo, quando se foca no estudo apenas a área produtiva da cerveja, dentro da fábrica, a refrigeração é o ponto onde se consome mais energia. O fato de a cervejaria ser um grande consumidor de eletricidade faz com que ela seja de forte influência sobre o meio ambiente, sempre dependendo de como essa energia é gerada (hidroelétrica, fóssil e etc.) (SIRET, 2001).

A distribuição de energia e o uso de fonte de energia por subsistemas são vistos na sequência abaixo, segundo Koroneos *et al.* (2008): 85% na produção de garrafas; 6,1% na produção de cervejas; 3,9% no transporte, armazenamento e distribuição; 3,1% na aquisição de matéria-prima; 2,0% no envase.

Para Kunze (2006) os pontos de maior consumo de energia no processo de obtenção das cervejas são: a brassagem, o envase de cervejas, a malteação e a refrigeração, conforme Tabela 7.

Tabela 7: Pontos de maior consumo de energia no processo produtivo

SETOR	CONSUMO DE ENERGIA NA FORMA DE VAPOR (KWh/hl)	CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA (KWh/hl)
Brassagem	16,3	0,24
Envase	6,53	0,45
Refrigeração	-	3,36
Malteação	60	7,3

Fonte: Kunze, 2006.

São gastos em uma cervejaria 60 a 80 KWh/hl de energia para aquecimento e 10KWh/hl de energia elétrica para abrir válvulas, luz etc. Os dois em conjunto consomem de 70 a 90KWh/hl de cerveja pronta (KUNZE, 2006). No processo de produção de cervejas, o consumo de energia térmica e elétrica estimada varia conforme a tabela 8.

Tabela 8: Energia elétrica e energia para aquecimento

ENERGIA ELÉTRICA PARA:	%	ENERGIA TÉRMICA PARA:	%
Refrigeração	30 - 40%	Brassagem	30 - 40%
Envase	15 - 35%	Envase	20 - 30%
Compressores de ar	10%	Espaço de aquecimento	10%
Iluminação	6%	Utilidades	15 - 20%
Outros	10 - 30%		

Fonte: Sorrell, 2000.

O custo da energia no orçamento geral de uma cervejaria fica em torno de 2 a 8%, dependendo do tamanho da cervejaria e outras variáveis (NRC, 2010).

A produção de cerveja e aquisição de matéria-prima tem maior contribuição na produção de carbono no processo de fabricação e envase das garrafas, assim como o seu armazenamento e distribuição. É preciso considerar também que a aquisição de matéria-prima, insumos e distribuição da cerveja dependem das distâncias entre as unidades produtoras de matérias primas e os consumidores de cerveja (KORONEOS *et al.*, 2008).

Em relação a emissão de carbono, sua intensidade é definida como quilograma de CO₂ equivalente e é um indicador ambiental que oferece eficiência de energia em relação ao processo. Maior intensidade de carbono menor eficiência da energia utilizada (KORONEOS *et al.*, 2008). A liberação de carbono em kgCO₂-eq/KW/h encontra-se nas seguintes proporções, conforme mostra a Figura 9.

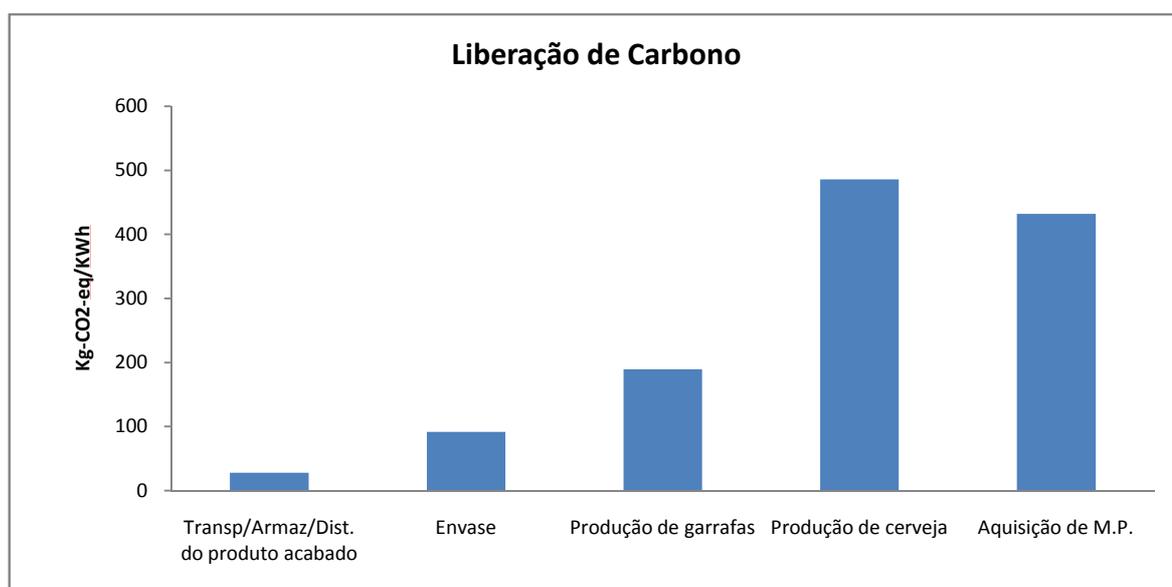


Figura 9: Liberação de Carbono – Fonte: KORONEOS, 2008.

A análise indicou a relevância da fase de consumo e da escolha da embalagem dentro do ciclo de vida da cerveja. A fim de melhorar o desempenho ambiental do ciclo de vida da cerveja, os produtores devem criar estratégias em favor de embalagens reutilizáveis. Por outro lado, a cerveja em barris causa danos menores e é responsável por uma carga ambiental, que é cerca de 68% inferior às garrafas retornáveis. A diferença, que afetou os resultados globais, ocorre devido aos maiores efeitos resultante para a cerveja de garrafa que produz mais emissão e utiliza mais energia do que no caso do barril reutilizável, utilizado para a mesma finalidade (CORDELLA *et al.*, 2008). O total do impacto de cada etapa é apresentado na Tabela 9 no processo cervejeiro.

Tabela 9: Tipo de toxicidade por setor

SETOR	POLUIÇÃO	POLUIÇÃO	POLUIÇÃO	POLUIÇÃO
Transp/ arm/ distribuição.	Smog fotoquímico (99,3%)	Toxicidade da terra (0,7%)		
Envase.	Smog fotoquímico (98,1%)	Toxicidade da terra (1,9%)		
Aquisição de matéria prima.	Nitrificação (43,9%)	Acidificação (42,9%)	Smog fotoquímico (13,2%)	
Produção de garrafas.	Smog fotoquímico (13%)	Deflexão do ozônio (2,5%)	Efeito estufa (84,5%)	
Produção de cervejas.	Nitrificação (62,8%)	Efeito estufa (30,6%)	Deflexão do ozônio (4%)	Nitrificação (2,6%)

Fonte: KORONEOS, 2008.

Segundo Siret (2001), o CO₂ correspondente a fase agrícola da cevada, fixa o dobro de CO₂ em relação ao emitido durante a produção de cerveja. O ponto de maior consumo de água é na agricultura. Resíduos sólidos como caco de vidro de garrafas, material de embalagens plásticas e papelão são reciclados em muitas cervejarias. A poluição do ar, a maior fonte foi devido à distribuição da cerveja para o mercado.

Uma ligeira redução nos danos à qualidade do ecossistema durante o processo de fermentação foi devido à contribuição positiva do uso de subprodutos desta fase produtiva para alimentação do gado e adubagem (CORDELLA *et al.*, 2008).

Emissões inorgânicas usam de terra diatomácea e consumo de combustíveis fósseis resultam nas questões mais críticas no ciclo da cerveja no barril como na garrafa. Além disso, a fase de consumo de cervejas, produção de garrafas de vidro e cultivo de cevada foram destacados por serem as fases críticas do ciclo de vida da cerveja (CORDELLA *et al.*, 2008).

Em construção de novas cervejarias, os dados relacionados com consumo de energia, recursos naturais (água) e emissões devem ser listados, no nível da planta industrial e para cada linha de produção específica. Monitorando e analisando o consumo de recursos e a geração de resíduos do atual processo de produção, poderão ser sugeridas melhorias ambientais e econômicas (SIRET, 2001).

Chega-se à seguinte recomendação para o impacto ambiental gerenciado, mensurado para cervejaria, segundo Ferreira (2004):

- Monitorar, registrar a entrada e saída do sistema de produção;
- Escolher fornecedores de cevada malteada e garrafas de vidro;
- Melhorar as políticas de economia de energia;
- Aperfeiçoar o processo de entrega;
- Definir a estratégia de marketing para embalagens retornáveis.

A indústria de cervejas é a que usa mais água e tem um elevado consumo de energia. Em consequência apresenta como subproduto, água residual, sólidos descartáveis, emissões para o ar, que são grandes desafios ambientais nas empresas cervejeiras (OLAJIRE, 2012).

Na produção da cerveja entre 90 a 95% de água é utilizada em todas as etapas no processo cervejeiro (VAN der MERWE e FRIEND, 2002). Uma cervejaria eficiente usa 4 a 7 litros de água para produzir 1 litro de cerveja (EC, 1997).

No balanço de massa do processo de obtenção de cerveja, na entrada encontra-se a água e energia. Na saída, os resíduos que são similares com os resíduos urbanos como: vidro, papel, papelão, cartão, plástico, óleo, madeira, lodo biológico, como também os subprodutos do processo que são bagaço da cevada malteada e levedura. São reaproveitados com valor baixo de comercialização, para alimentação do gado ou disposição em campos como adubo (JAY *et al.*, 2004). As cascas do malte podem ser hidrolisadas para produção de xilo – oligossacarídeos (efeito probiótico), xilitol que substitui o açúcar (CARVALHO *et al.*, 2005).

Segundo Arvanitoyannis (2008), o sistema de produção de cervejas é dividido em cinco subsistemas na ACV:

- 1- Aquisição de matéria-prima: o estudo ACV inicia com o transporte de matéria-prima para a fabricação de cerveja, que é feito por caminhões pesados (containers), movidos a óleo diesel. É calculado o fator das emissões poluentes como CO, NO_x, e compostos químicos orgânicos voláteis (VOC), PM, CO₂ e SO₂.
- 2- Produção de cervejas: os principais ingredientes para a produção de cerveja são a água e cevada malteada. Para produzir 1 litro de cerveja são necessários 7 litros de água. As entradas e saídas conforme tabela 10.
- 3- Produção das garrafas – A produção das garrafas é investigada e analisada, pelo fato delas serem produzidas principalmente por vidros reciclados e pelo grau de poluição do processo.

- 4- Embalagem e engarrafamento – Incluindo as perdas, devolvido para o produtor como sucata. Destas garrafas 51% são retornadas à fábrica, o restante vem do produtor de garrafas.
- 5- Transporte, armazenamento, distribuição – O estudo da ACV é completado com o levantamento do transporte e distribuição da cerveja produzida ao consumidor.

Tabela 10: Entradas e saídas do processo

ENTRADAS		SAÍDAS
Cevada malteada	Eletricidade	Resíduo líquido
Lúpulo		Resíduo sólido
Água	Elaboração de cerveja	Dióxido de carbono
Terra filtrante		Monóxido de carbono
		Resíduos sólidos para aterro
		Resíduos sólidos para alimentação animal
		Limpeza (tratamento biológico)

Fonte: ANDERSSON *et al.*, 1994.

2.3.4 RESÍDUOS LÍQUIDOS

A água é o maior resíduo de uma cervejaria. São estimados de 3 a 10 litros, para um litro de cerveja vendável (KANAGACHANDRAN e JAYARADRAN, 2001). Água residual de cervejaria é rica em material orgânico não tóxico, e sem a presença de metais pesados (o metal pesado pode ser proveniente da cola de rótulo, rótulo e herbicidas dos cereais) e biodegradáveis (BREWES of EUROPE, 2002).

Descargas de sobra de fermento, trub, ou outros efluentes concentrados devem ser armazenados de outra forma como em silos (OLAJIRE, 2012).

2.3.5 RESÍDUOS SÓLIDOS

O resíduo sólido consiste de material orgânico residual do processo que incluem bagaço, lúpulo, fermento, terra filtrante e materiais do envase (OLAJIRE, 2012).

A quantidade de bagaço fica em torno de 14 kg/hl de mosto com um volume de água de 80% (ISSACS, 2001, FILLAUDEAU *et al.*, 2006). O trub é formado por uma lama consistente de mosto, partículas de lúpulo e proteínas instáveis coaguladas durante a fervura e separadas previamente para o resfriamento, que representa 0,2 a 0,4% do volume de mosto. O extrato contido no trub depende do grau de eficiência de separação do trub do mosto (FILLAUDEAU *et al.*, 2006).

Em cervejaria, o excesso de fermento é retirado de forma natural, através da sedimentação no final da fermentação e maturação. Somente parte do fermento pode ser reutilizado como fermento de uma nova produção. O fermento restante é rico em proteína e vitaminas do complexo B, e pode ser utilizado para indústria de alimentação animal. Gera perdas de cerveja, entre 1,5 a 3% do total do volume de cerveja (FILLAUDEAU *et al.*, 2006).

A terra diatomácea na perspectiva da saúde é classificada como resíduo perigoso, antes e depois da utilização no processo cervejeiro. Após a utilização, a recuperação, reciclagem ou eliminação da terra diatomácea é uma grande dificuldade, devido ao seu efeito poluente (OLAJIRE, 2012).

O envase possui resíduos sólidos como polpa de rótulo da lavagem de garrafas retornáveis, vidro quebrado, papelão, rolhas metálicas e madeira. Isso geralmente é alocado em aterro sanitário.

3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

O método utilizado nesta pesquisa científica é a metodologia experimental que Segundo Kidder, 2004 é um método científico, onde o pesquisador tem o controle total sobre os valores que serão experimentados e observa a variação nas variáveis independentes ou seja, é o pesquisador que estabelece e controla os valores que serão experimentados, ou melhor, tipo de pesquisa científica no qual o pesquisador manipula e controla uma ou mais variáveis.

Objetivando melhor visualização do processo produtivo para possibilitar a comparação com processos comerciais, os resultados foram extrapolados para um volume maior, onde se inicia com uma tonelada de cevada no processo de malteação.

O presente estudo da ACV da produção da cerveja consiste na execução do balanço de massa e de energia de todo o processo, desde o recebimento da cevada pela maltaria, produção da cerveja, envase, até a indicação do descarte final dos resíduos gerados. O estudo da ACV consiste na execução de experimentos voltados a produção de cerveja, em uma unidade piloto, considerando a entrada de 1000Kg de cevada por batelada.

O processo de produção da cerveja estudado consiste em: maceração, germinação, secagem, moagem, brassagem, fermentação, maturação, filtração e envase. Como principais componentes usados, destacam-se: cevada, malte, água, lúpulo, oxigênio, levedura, terra diatomácea e garrafas.

A Figura 10 mostra o diagrama simplificado do processo de obtenção do malte, que passa por limpeza, separação de grãos e armazenamento em silos. O conteúdo limpo e selecionado é transportado até o tanque de maceração para absorção de água. A cevada crua com a umidade ideal é enviada para a caixa de germinação, onde ocorre a formação de enzimas, o brotamento e amolecimento da parte farinhosa do grão. Posteriormente, o grão é transferido para a câmara de secagem, para posterior retirada das raízes e folículos ainda em temperatura elevada. Após seco, o malte é armazenado por um período, para restabelecer as enzimas contidas no grão e enviado para a cervejaria.

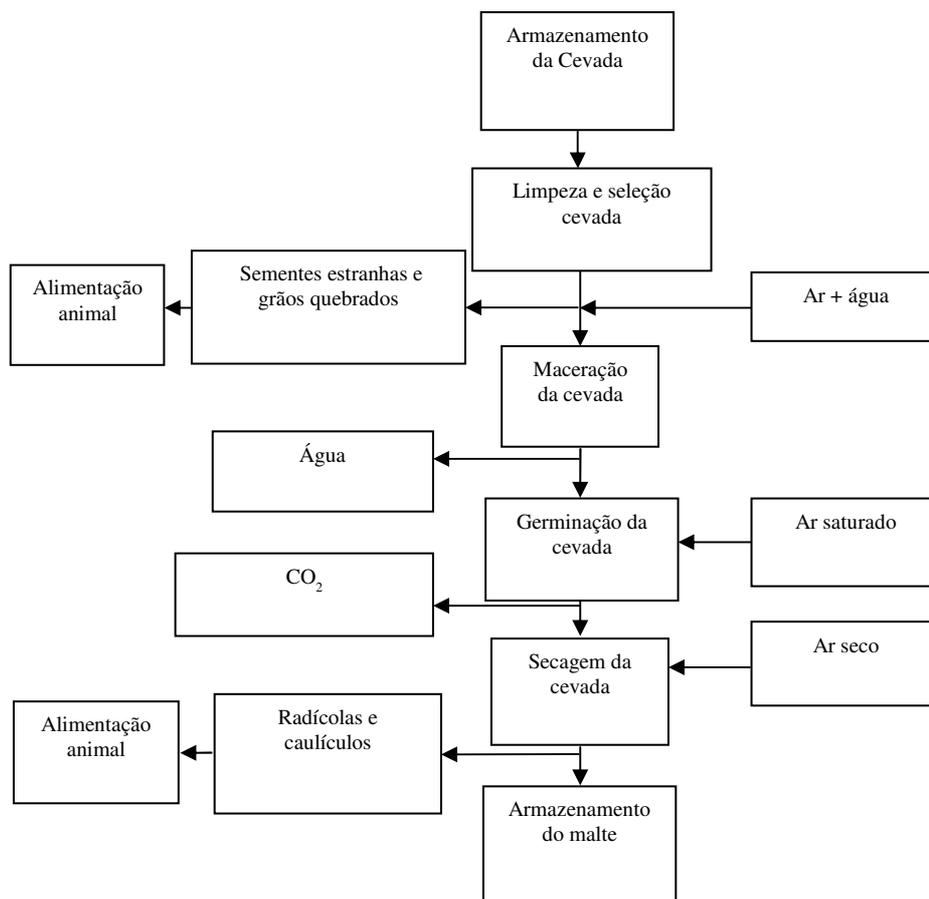


Figura 10: Diagrama simplificado do processo de malteação. – Fonte: Próprio autor.

A Figura 11 mostra o diagrama simplificado do processo de produção da cerveja, a partir da entrada do malte na UP, que corresponde à produção do mosto cervejeiro, constituída de moagem, mosturação, filtração do mosto, fervura e resfriamento. A matéria-prima de entrada consiste no grão denominado de malte, que apresenta em torno de 78% de amido, sendo este amido convertido em açúcares no processo do preparo do mosto e, posteriormente, enviado para o fermentador.

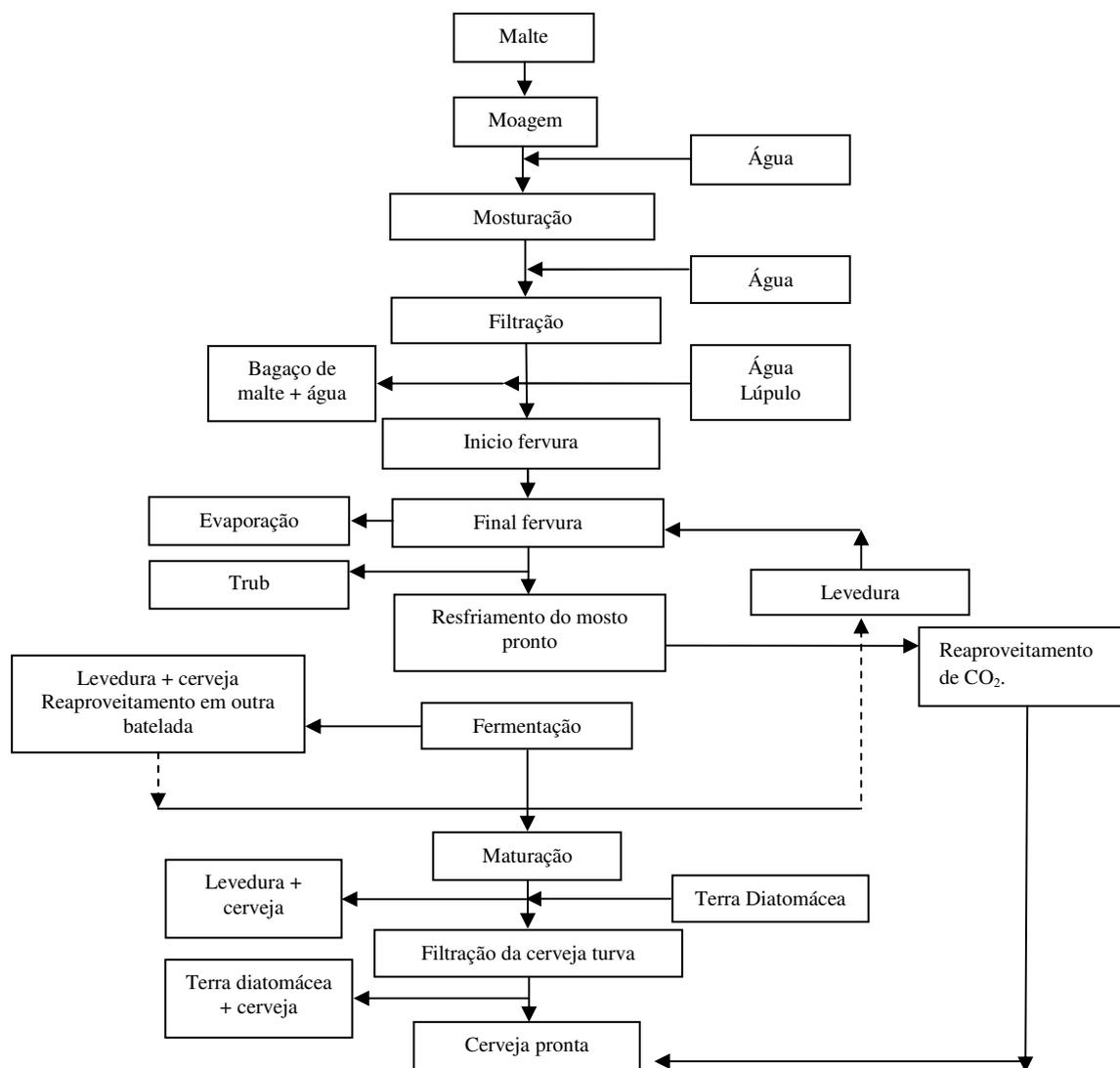


Figura 11: Diagrama simplificado do processo de produção de cerveja – Fonte: Próprio autor.

A cevada malteada que chega à UP é armazenada, moída e misturada com água, com a finalidade de promover o processo enzimático do próprio malte, que consiste na quebra do amido em açúcares que fornecem à levedura os elementos necessários para a produção de gás carbônico, álcool e energia.

A parte protéica do grão é transformada em aminoácidos e peptídeos. Os aminoácidos são importantes para a propagação da levedura e os peptídeos para a formação da espuma e corpo da cerveja. Este processo ocorre em um tanque de mostura, que é aquecido e transferido para o tanque de clarificação, em que é separado o mosto cervejeiro da parte insolúvel, composta pelo o bagaço do malte, que é composto das cascas provenientes da cevada malteada moída, com um teor de umidade residual.

Assim que o mosto é extraído do bagaço, este é submetido a fervura, em que ocorre a evaporação de água do mosto para a extração de elementos ricos em enxofre que são provenientes da cevada malteada e, também, a coagulação protéica do excesso de proteína existente na cevada malteada, assim como a adição do lúpulo para promover o amargor e aroma da cerveja pronta. Ao término deste processo, ocorre o aumento dos grumos protéicos, que obtido por meio de agitação dentro do tanque de fervura, seguido pela decantação dos flóculos protéicos para o fundo do tanque. Estes grumos protéicos são denominados de trub quente no processo. Após a decantação, o mosto é resfriado e enviado para fermentação, onde recebe gás O_2 e levedura pastosa.

O mosto com levedura é fermentado até se transformar em cerveja verde. Após o término da fermentação, a cerveja é resfriada para temperatura de maturação e o fermento é retirado e reaproveitado para outra batelada de mosto. A etapa da maturação ocorre no mesmo tanque da fermentação, onde acontece o amadurecimento da cerveja verde. Após a maturação, a cerveja verde é submetida a filtração, por meio da adição de terra diatomácea. Assim que finalizado o processo, a cerveja é enviada para um tanque de armazenamento. A cerveja pronta é envasada em garrafas para testes e análises.

A Figura 12 mostra o diagrama simplificado do processo de envase da cerveja, que consiste inicialmente na lavagem e inspeção das garrafas, seguido pelo

processo de enchimento da garrafa com cerveja com o mínimo de contato da cerveja com o O_2 do ar. Nesta etapa, ocorre a expulsão do O_2 de dentro da garrafa através de vácuo, seguido pelo enchimento, sendo colocada rolha metálica e enviada para a pasteurização. Após a pasteurização, a garrafa é rotulada, encaixotada em caixas de plástico, paletizadas e retiradas do processo via empilhadeira para o depósito de cervejas.

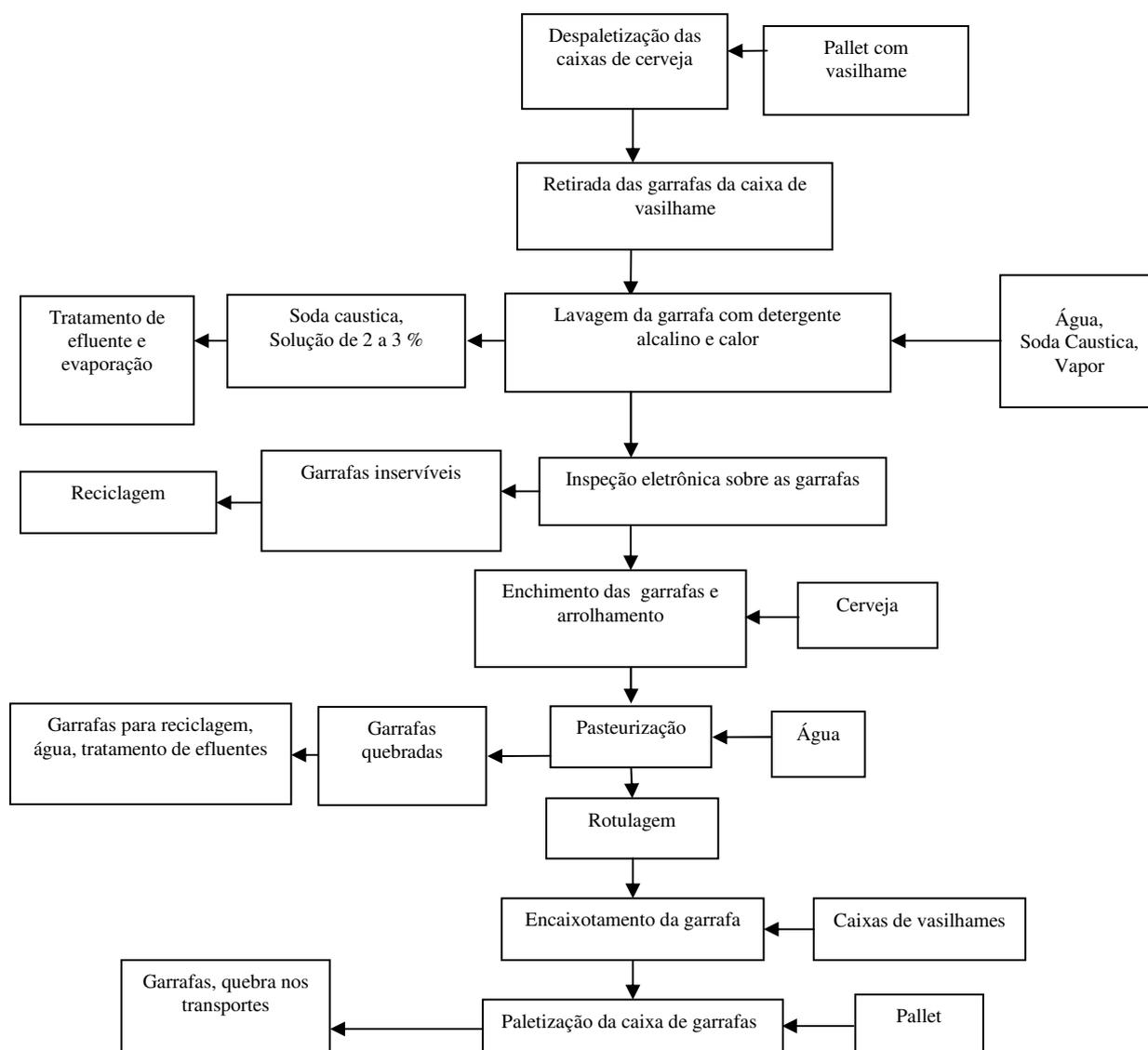


Figura 12: Diagrama simplificado do processo de envase da cerveja – Fonte: Próprio autor.

4 RESULTADOS

A elaboração da cerveja ocorreu em uma UP que possui a capacidade de produção de 90 litros de mosto cervejeiro por batelada e 72litros de cerveja pronta no tanque de pressão. Foi considerado um volume de 795 kg de malte, com a finalidade de comparação dos resultados com uma cervejaria comercial.

A seguir são apresentados os balanços de massas, consumo de água e energia do processo de malteação, produção e envase, considerando entrada de 1.000kg de cevada, que produziram 7.945 garrafas de 0,6 litros.

4.1 CONSUMO DE ÁGUA NO PROCESSO

Inicialmente, na etapa de malteação são consumidos, a quantidade de água de 5.000 litros para obtenção de 795 kg de malte.

Neste processo de produção de cerveja por batelada, a quantidade de água total consumida é de 6.791litros para obtenção de 4.791litros de cerveja pronta, apresentado na Tabela 11. Além disso, é usado o volume de 24.595 litros de água para limpeza e desinfecção do equipamento, conforme Tabela12.

Tabela 11: Consumo de água na produção da cerveja.

Aplicação	Litros
Água para mostura	3.180
Água para filtração do mosto	3.217
Água para acerto do Brix	395
Total	6.792

Tabela 12: Consumo de água para limpeza, desinfecção e esterilização

Aplicação	Litros
Limpeza da brassagem	5.989
Tanque de fermentação e maturação	4.312
Tanque de pressão	4.312
Filtro de terra diatomácea	7.985
Lavagem de vasilhames para envase	1.330
Limpeza do ambiente	667
Total	24.595

No processo de envase, a quantidade de água consumida é de 2.850litros para o enchimento de 7.945 garrafas, ou 4.767 litros de cerveja pronta, como mostra

a Tabela 13. Além disso, é usado o volume de 520litros de água para limpeza e desinfecção do envase, conforme apresentado nas Tabelas 14.

Tabela 13: Consumo de água na produção da cerveja.

Aplicação	Litros
Água para lavagem de garrafas	2.430
Água para pasteurização	300
Água para lubrificação de esteiras	20
Diversos	100
Total	2.850

Tabela 14: Consumo de água para limpeza, desinfecção e esterilização.

Aplicação	Litros
Limpeza da enchedora de garrafas	250
Lavadora de garrafas	100
Inspetor de garrafas	50
Limpeza do ambiente	120
Total	520

Portanto consumo total foi de 39.757L de água na operação da UP para transformação de 1tonelada de cevada em 4.767L de cerveja pronta e envasada.

4.2 CONSUMOS DE ENERGIA ELÉTRICA

O consumo total de energia utilizado na malteação para produção de 795kg de malte por batelada corresponde ao total de 127KWh, sendo 10,8% (13,8KWh) usada na forma de energia elétrica para acionamento dos equipamentos e acessórios, juntamente com 89,2% (113,4KWh) utilizada para aquecimento.

A energia necessária para transformação do malte em cerveja é suprida em sua totalidade na forma de energia elétrica. O consumo total de energia utilizado para produção de 4.791L de cerveja por batelada corresponde ao total de 5.457KWh, sendo 2.859KWh (52,4%) usada para acionamento dos

equipamentos e acessórios, juntamente com 2.598KWh (47,6%) usado para aquecimento.

O consumo total de energia utilizado para o envase de 4.791L (7.985 garrafas) de cerveja corresponde ao total de 98KWh; sendo 54KWh (55,1%) na forma de energia elétrica, utilizada para acionamento dos equipamentos e acessórios, juntamente com 44KWh (44,9%) usados para aquecimento.

Consumo total de energia elétrica na operação de transformação de uma tonelada de cevada em 4.791L de cerveja é de 5.682KWh. Isto representa em torno de 1,19KWh por litro de cerveja pronta e envasada.

4.3 AVALIAÇÃO DO CICLO DE VIDA

Neste item são apresentados os resultados, do ACV do processo de produção da cerveja, onde se tem a malteação da cevada, obtenção da cerveja e envase em garrafas retornáveis.

São apresentados de forma quantitativa os resultados dos balanços de massa das devidas etapas. Além disto, mostra-se qualitativamente, os fluxogramas detalhados de cada uma das etapas.

O balanço de massa, desde a entrada das matérias primas, a obtenção dos subprodutos, até as saídas dos resíduos são representados na figura 13. Por outro lado, a figura 14 mostra de forma qualitativa, o fluxograma do processo de malteação. Dessa forma, a figura 13 mostra de forma quantitativa, o diagrama simplificado do processo de produção de malte, com os descartes de resíduos ocorridos em cada etapa.

Na malteação conforme figura 13, o balanço de massa teve um rendimento em malte de 79,5%, cujo valor está próximo ao da literatura, onde o rendimento é considerado bom a partir de 80%.

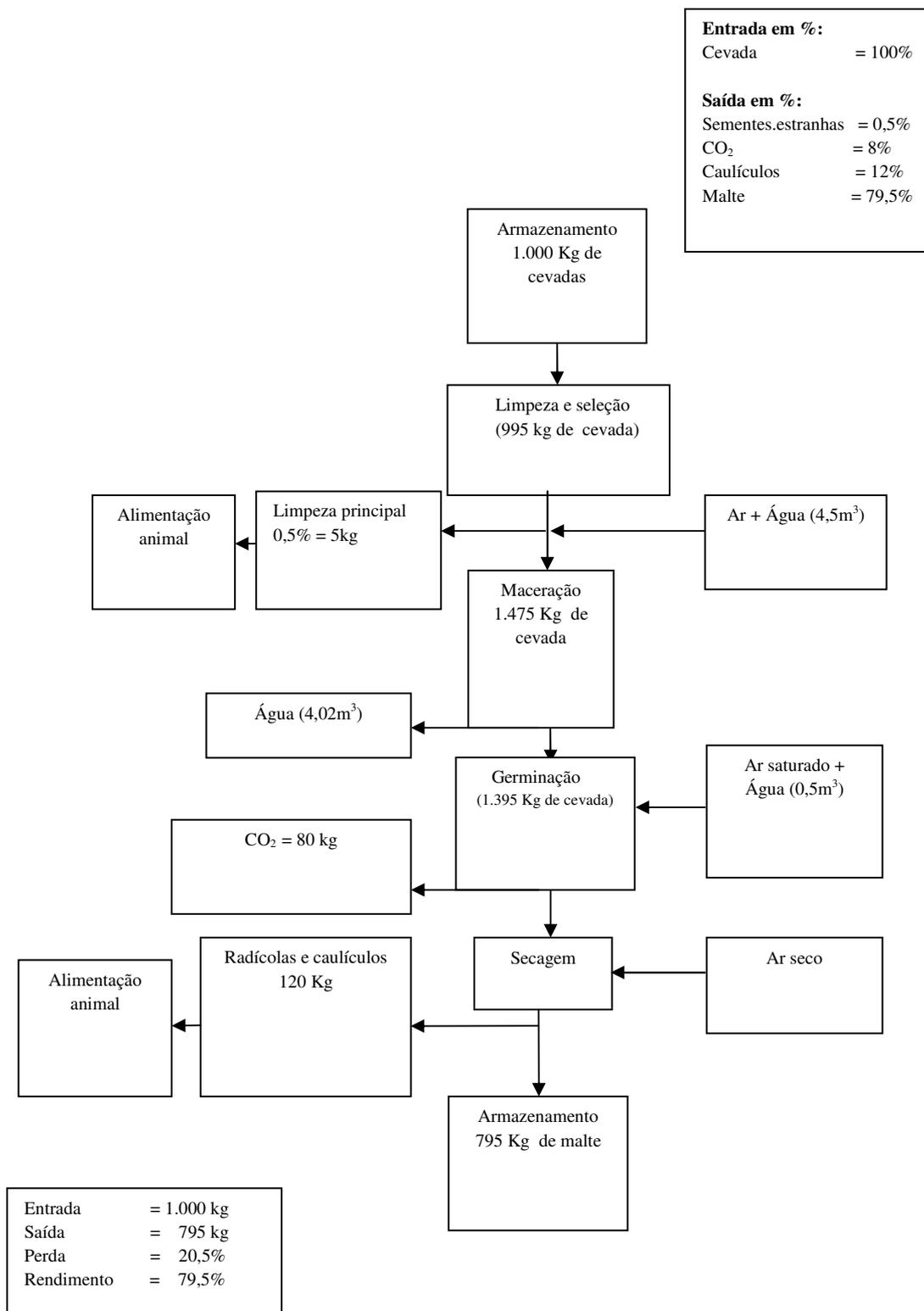


Figura 13: Balanço de massa do processo de obtenção de malte.

Fonte: Próprio autor.

As Figuras 15 e 16 mostram o diagrama simplificado e o fluxograma do processo de produção de cerveja de forma quantitativa e qualitativa, com os descartes de resíduos ocorridos em cada etapa.

A Figura 15 mostra o diagrama simplificado do processo de produção de cerveja, com os descartes de resíduos ocorridos em cada etapa.

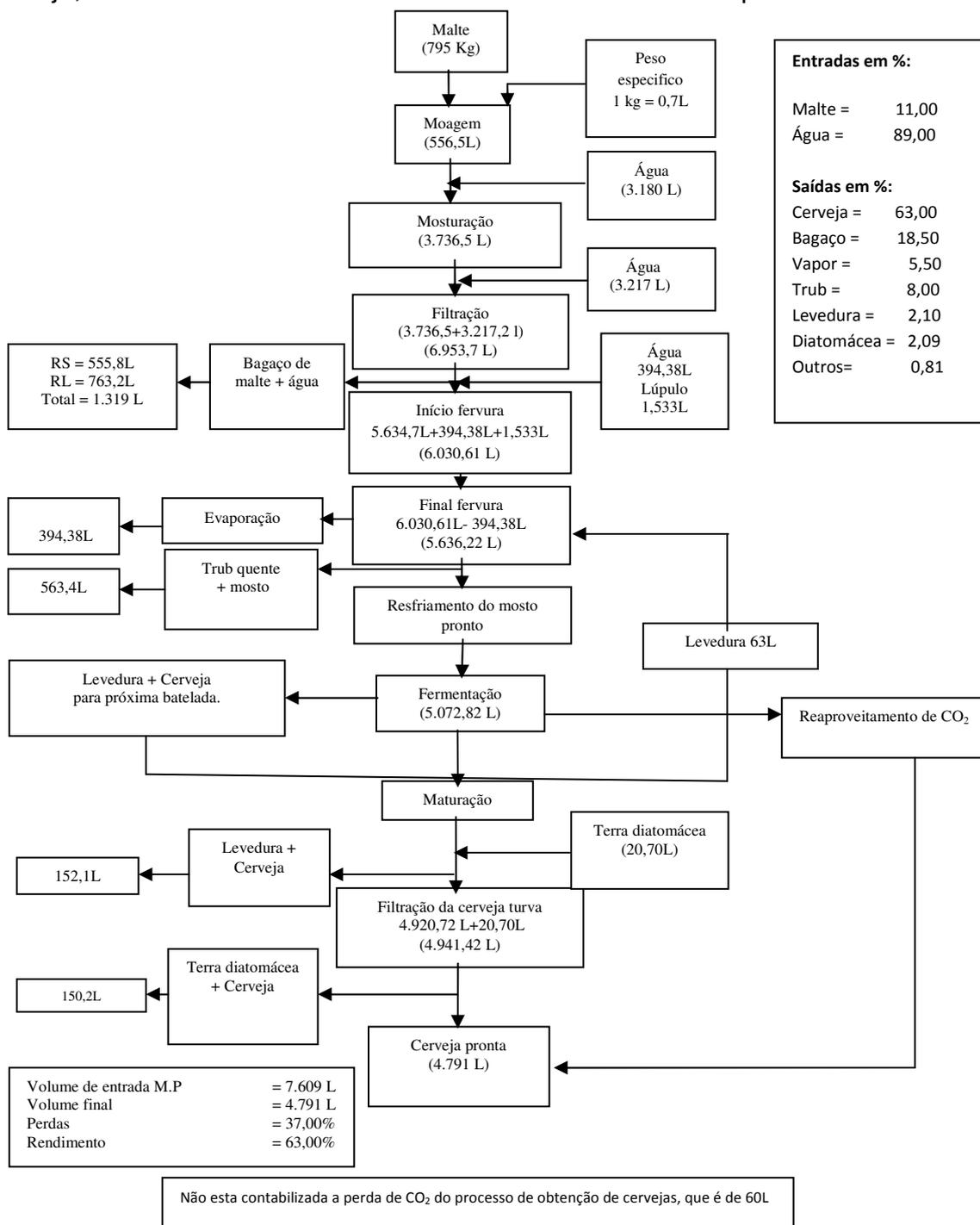


Figura 15: Balanço de massa do processo de obtenção de cervejas – Fonte: Próprio autor.

A Figura 17 mostra o diagrama simplificado do processo de envase com os descartes de resíduos ocorridos em cada etapa.

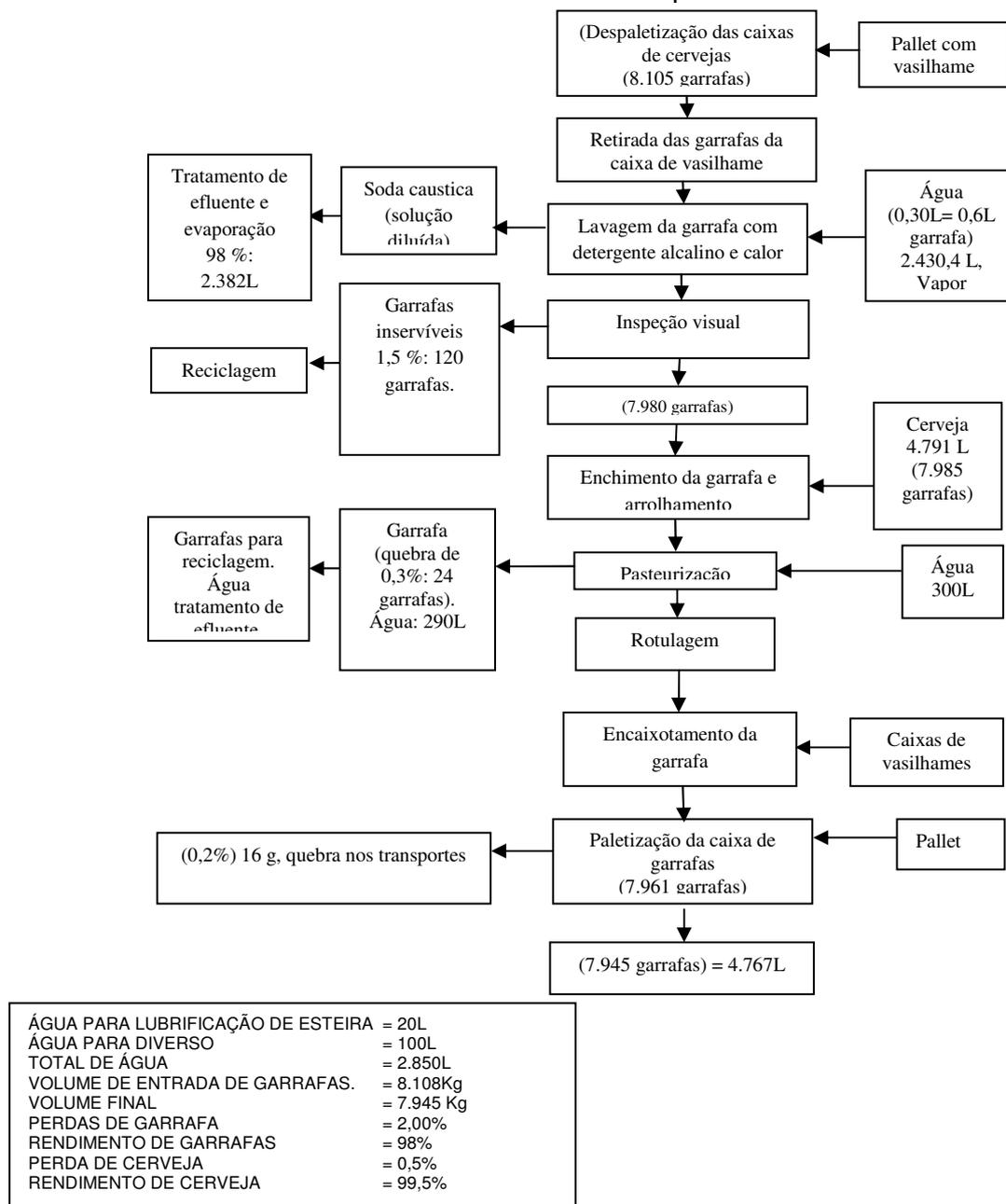


Figura 17: Balanço de massa do processo de envase – Fonte: Próprio autor.



PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE CERVEJA

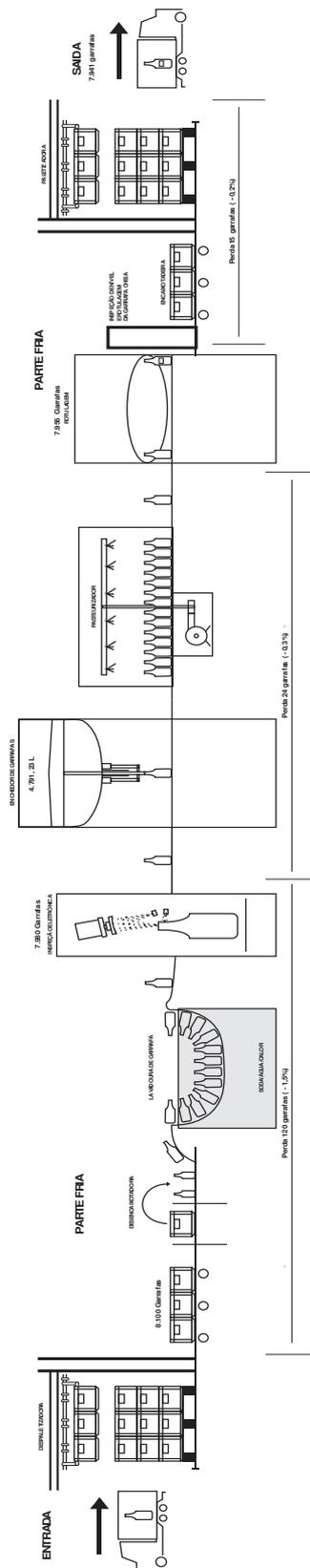


Figura 18: Processo de envase da cerveja – Fonte: Próprio autor.

As figuras 13 e 14 mostram respectivamente as abordagens quantitativas e qualitativas do processo de transformação da cevada em cevada malteada. No início, a cevada passa por uma pré-limpeza para armazenamento. Posteriormente ocorre à separação da cevada por tamanho e os grãos vão para a maceração, para aumentar seu teor de umidade. Assim que termina a maceração, os grãos são enviados para germinação e depois submetidos a, secagem, onde perdem umidade. Por último, os grãos são estocados para homogeneização da umidade e ativação das enzimas.

Pode ser visto na figura 13 que ocorreu a entrada de 1.000kg de cevada e 5.000 litros de água. Durante o processo da limpeza principal, houve a saída de impurezas, onde sementes inservíveis e grãos de cevada quebrados são utilizados como alimento animal para a elaboração de rações. Na maceração ocorre à saída de água rica em matéria orgânica que é enviada para o tratamento de efluentes da própria maltaria. Logo após a secagem, saem do processo os folículos e raízes que se desenvolveram na germinação e também são usados como alimento animal.

A quantidade inicial de 1.000kg de cevada que entra no processo de malteação, produz 795kg de malte, com um rendimento de 79,5%. Para a transformação da cevada em malte o consumo de energia é de 127KWh.

As figuras 15 e 16 mostram o processo de transformação do malte em cerveja. No início do processo, o malte é moído e, no tanque de mostura, é misturado com água. Na mostura, ocorre o processo bioquímico para produção de açúcares. Na filtração do mosto é separado o mosto cervejeiro das partes insolúveis do grão. Com a fervura, ocorre à coagulação protéica, evaporação de elementos não desejados do mosto e adição do lúpulo. Posteriormente, o mosto é resfriado por um trocador de calor e submetido à fermentação, onde ocorre a formação do álcool e do gás carbônico. Por último, a cerveja verde é filtrada com terra diatomácea e enviada para o tanque de armazenamento de cerveja pronta.

Como mostra a figura 15 no processo de produção de cerveja, são usados 795kg de malte, 6.792 litros de água e durante a fervura são adicionados 1,53Kg de lúpulo no tanque de fervura. A levedura de cerveja é reutilizada, retorna para o processo e, por último, ocorre à entrada de 20,7 litros de terra diatomácea. No final do processo 1.319 litros de bagaço são reaproveitados como alimento animal. Após a fervura do mosto, saem do processo 563,4 litros trub quente, que é utilizado como alimento animal ou adubação, devido a seu elevado teor protéico. A levedura em excesso, que não retorna para o processo cervejeiro, pode ser utilizada para fins farmacêuticos, ou também como alimento animal. Contudo, só poderá ser usada após inativação de suas células através de calor. Por fim, tem-se a saída da terra diatomácea, que é reprocessada e usada para filtragem de produtos não alimentícios.

A partir de 795kg de malte, são produzidos 4.791 litros de cerveja para o envio ao engarrafamento, tendo-se um rendimento de 65%. Para a transformação do malte em cerveja o consumo de energia é de 5.457KWh.

As figuras 17 e 18 mostram que ocorreu a entrada de 4.791 litros de cerveja para o enchimento de 7.985 garrafas de 0,6 litros. Na entrada do processo são necessárias 8.105 garrafas, devido às quebras durante o processo. No trecho entre despaletizadora até a inspeção de garrafas, tem-se uma quebra de 1,5%, que corresponde a 120 garrafas. Após a etapa de enchimento das garrafas, no pasteurizador ocorrem 0,3% de quebra, que corresponde a 24 garrafas. Ainda no transporte têm-se 0,2% de quebras, equivalentes a 16 garrafas. Assim, por final, obtém-se 7.945 garrafas de 0,6 litros retornáveis de cervejas.

O vidro quebrado das garrafas é levado para reciclagem para elaboração de novas garrafas. As rolhas, os rótulos, garrafeiras quebradas vão para o aterro sanitário.

A perda de cerveja de todo processo vai para o tratamento de efluentes, juntamente com a água, detergentes alcalinos e desinfetantes.

5. CONCLUSÃO

O resultado obtido no processo de produção da cerveja indica possibilidade de aplicação do ACV nas cervejarias, por meio da quantificação dos produtos de entrada e de saída, juntamente com a quantificação dos resíduos sólidos e líquidos passíveis de reuso e de descarte.

O processo de produção desde o recebimento da cevada, até a cerveja envasada no depósito de produto acabado apresentou um consumo de 8,3L de água para cada litro de cerveja pronta. O consumo de água dentro da cervejaria inicia a partir da chegada do malte pronto na fábrica e termina com a cerveja pronta e envasada em garrafas de 0,6L, com 7,3L de consumo de água para cada litro de cerveja pronta. Está um pouco acima da literatura que dita o valor entre 4 a 7L para 1 litro de cerveja pronta envasada.

O consumo de energia na obtenção da cerveja, sem contar a malteação foi de 5.555KWh para 4.767 litros de cerveja, o que representa 1,16 KWh/litro. superior ao da literatura técnica, da ordem de 0,9 KWh/litro de cerveja. Este consumo evidenciado na planta-piloto aponta índice superior ao que é definido na literatura devido à utilização de energia elétrica na mosturação e fervura. Geralmente essas etapas nas cervejarias industriais são geradas por caldeiras a vapor movidas a gás ou óleo. O consumo de energia desde a malteação até a cerveja envasada foi de 1,19KWh.

Na malteação, o balanço de massa teve um rendimento em malte de 79,5%, cujo valor está próximo ao da literatura, onde o rendimento é considerado bom a partir de 80%.

Nas plantas comerciais é calculado o rendimento a partir do final da fervura na brassagem até a cerveja envasada, onde foi atingido o resultado de 85% de rendimento. Isto dentro da literatura é considerado de boa proporção, pois está na faixa de 76% até 92%. Na linguagem do segmento cervejeiro fala-se em perda do processo, onde esta perda fica de 8 a 24%, e no teste obteve-se 15%.

O cálculo do rendimento da brassagem, da etapa da moagem até o final da fervura, segundo a literatura, determina quantidade de entrada da matéria

prima, englobando apenas o malte que se encontra dentro do mosto finalizado na tina de fervura. Este número na literatura fica entre 74 e 79%. O teste efetuado atingiu 78% ficando dentro das especificações.

Com o balanço de massa de todo processo cervejeiro que obtivemos, tem-se um número indicativo de como está o processo completo da obtenção da cerveja. É um indicativo importante que deve ser implantado na cultura técnica cervejeira que pode ser transplantado para a linguagem da sustentabilidade. Este estudo de caso permitiu quantificar as entradas e saídas de materiais, que ocorrem no processo cervejeiro, até a cerveja pronta e engarrafada, além do destino dos subprodutos dos processos.

Finalmente, destaca-se que a ferramenta ACV é fundamental para a aplicação da sustentabilidade nas cervejarias, por quantificar todas as entradas e saídas de materiais do processo. Desta forma é possível a atuação de forma quantitativa nos três fatores da sustentabilidade, que são: econômicos, ambientais e sociais.

5.1 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestões para futuros trabalhos, pode-se destacar:

- Realizar estudos de ACV da plantação e cultivo do lúpulo e transporte até a maltaria;
- Realizar estudos de ACV na propagação da levedura e na preparação da água de processo desde a fonte de extração;
- Realizar estudos de ACV da distribuição do produto, armazenamento e consumo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 ANDERSSON, K.; OHLSSON, T.; OLSSON, P. Life Cycle Assessment (LCA) of Food Products and Production Systems. *Trends in Food Science Technology*, 5, 5, 134-138, 1994.
- 2 ARVANITOYANNIS, L, S. ISO 14040: Life Cycle Assesment (LCA) – Principles and Guidelines. **Waste Management for the Food Industries**. Grécia: Academic Press, 97-132, 2008.
- 3 BAUMGARTNER, D.; BAUMGARTNER, G.; PAVANELLI, C. S.; DA SILVA, P. R. L.; FRANA, V. A.; DE OLIVEIRA, L.C.; MICHELON, M. R.. Fish, Salto Osório Reservoir, Iguaçu River basin, Paraná State, Brazil. *Check List (UNESP)*, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 1-4, 2006.
- 4 BREWES of EUROPE, **Guidance Note for Establishing Bat in the Brewing Industry**. Brewers of Europe, Brussels. October, 2002.
- 5 CABRERA, L. C., **Afinal, O que é sustentabilidade?** 2008. Disponível em <<http://planetasustentavel.abril.com.br/notícia/desenvolvimento/conteúdo>> Acesso em 16/06/2013.
- 6 CAMARGO, M. A., BARBOSA, F. V.. Da Fusão Antarctica/Brahma à Fusão com a Interbrew: Uma Análise da Trajetória Econômico-Financeira e Estratégica da Ambev. *Revista de Gestão USP*, São Paulo. 12, 3, 47-63, 2005.
- 7 CARVALHO, F., DUARTE, I. C., LOPES, S., PARAJO, J. C., PEREIRA, H., CIRIO, F. M.. Evaluation of the detoxification of breweries spent grain hydrlysate for xylitol production by debaryomyces Hanseli CCMI 941. *Process Biochemistry*, 40, 3, 1215-1223, 2005.
- 8 CARTER, A. R.; ROGERS, D. S.. A framework of sustainability supply chain management: moving toward new theory. *Internacional Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 38, 5, 360-387, 2008.

- 9 CORDELLA M; TUGNOLI A; SPADONI G; SANTARELLI F; ZANGRADO T.; LCA of an Italian Lager Beer: LCA Case Studies. *International Journal of LCA*. 13, 133-139, 2008.
- 10 COUTINHO, C. A. T., A Cerveja e sua História. 2008. Disponível em <<http://www.cervesia.com.br/história-da-serveja>>. Acesso em 02/05/2013.
- 11 CURRAN, M. The Status of LCA in the USA. *International Journal LCA*, 4, 123-124, 1999.
- 12 DRANBREW, UN **Cleaner Production Assessment Water and Wastewater**. Uganda Breweries Ltd. 2007.
- 13 EC. Environmental Canadá. Technical Pollution Prevention Guide for Brewery and Wine Operations in the Lower Fraser Basin. DOE FRAP 97-20. 1997
- 14 **EPA Pollution Prevention Accomplishments 1993, policy leads to action**. EPA Publication Number EPA-100-R-94-002. US Environmental Protection Agency. Office of the Administrator, Washington, D.C., 1994.
- 15 EUROMONITOR INTERNATIONAL. Strategis for Growth in an Increasingly Consolidated Global Beer Market, 2010. Disponível em: <<http://www.euromonitor.com/strategies-for-growth-in-an-increasingly-consolidated-global-beer-market/report>> Acesso em 22/05/2013.
- 16 FERREIRA, J. V. R. **Análise de Ciclo de Vida dos Produtos**. Tese de Doutorado em Gestão Ambiental. Instituto Politécnico de Viseu. Portugal, 2004.
- 17 FILLAUDEAU, L., BLANPAIN-AVET, P., DAUFIN, G., Water, Wastewater and Waste, Managemente in Brewing Industries. *Journal of Cleaner Production*. 14, 5, 463-471, 2006.
- 18 GALLAGHER, Richard. Consolidation Remains on Tap for Brewers, 2011. Disponível em: <<http://www.valueline.com>> Acesso em 10/05/2013.
- 19 GUINÉE, J., HEIJUNGS, R., A Proposal for the Definition of Resource Equivalency Factors for use in Product Life Cicle Assessment. *Environmental Toxilcology and Chemistry*. 14, 5, 917-925, 2009.

- 20 HLATKY, M. **Bier brauen Fuer Jedermann**. Leopold Stocker. Verlag. Germany, 2007.
- 21 HEIJUNGS, R.; GUINEÉ, J. B.; HUPPES, G.; LANKREIJER, M. R.; UDO-de-HAES, H. A.; SLEESWIJK, A. W.; ANSEMS, A. M. M.; EGGELS, P. G.; VANDUIN, R.; GOEDE, H. P.. Environmental life cycle assessment of products. Guide and Backgrounds. Centre of Environmental Science, Leiden University, Leiden, 1992.
- 22 HUND, R. G.; FRANKLIN, W. E.; LCA – How it Came about – personal reflections on the origin and the development of LCA in USA. *International Journal of LCA*. 1, 4-7, 2006.
- 23 HINDLE, T.. **Tudo sobre administração**. São Paulo: Ed. Nobel, 2002.
- 24 INSTITUTO EHTOS. Relatório de Sustentabilidade GRI. Disponível em: <http://www1.ethos.org.br/EthosWeb/pt/1400/o_instituto_ethos/o_uniethos/o_que_fazer> Acesso em 14/06/2013.
- 25 ISO – International Standard Organization. ISO 14040 International Standard. In: **Environmental Management – Life Cycle Assessment - Principles and Framework**. International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland, 2006.
- 26 ISAACS, N., **Operation in the SAB Rosslyn Brewhouse**. Personal Communication. Rosslyn Brewery. Pretória. 2001.
- 27 JACKSON, M., **Bier International**. Bern und Stuttgart Verlag. Germany. 1999.
- 28 JAY, A. J., PARKER, M. I., FAULKS, R., SMITH, A. C., WILDE, P. J., FAULDS, C. B., WALDRON, K. W., **A Systematic Micro-Dissection of Brewer's Spent Grain Norwich, UK**. In: Waldron, K., Faulds, C., Smith, A. (Eds.), Total Food – Exploiting Co-products Minimizing Waste. 150-156, 2004.
- 29 KANAGACHANDRAN, K., JAYARADRAN, R. Utilization Potential of Brewery Waste Water Sludge as an Organic Fertilizer. *Journal of The Institute of Brewing*. 112, 2, 92-96, 2001.

- 30 KIDDER, L. H. (org.). **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. Volume 1: delineamentos de pesquisa. 4ª. ed., São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária Ltda., 2004.
- 31 KLING, K., **Bier SelbstGebraut**. Die Werkstatt. Verlag. Germany, 2006.
- 32 KORONEOS C; ROUMBAS G; GABARI Z; MOUSSIOPOULOS N.; Life Cycle Assessment of Beer Productions in Greece. *Journal of Cleaner Production*, 13, 433-439, 2008.
- 33 KUNZE, W. **Tecnologia para Cerveceros y Malteros**, VBL, Berlin Germany, 2006.
- 34 LABUSCHAGNE C. **Sustainable Project Life Cycle Management: Criteria for the South African Process Industry**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas. Universidade de Pretória. África do Sul, 2003.
- 35 MEBAK – Methodensammlung der Mittel Europaeischen Brau Technischen Analysen kommission. **Selbstverlag der MEBAK**. Freising. Weihenstephan, 1987.
- 36 MEGA, J. F.; ANDRADE, A. A Produção de Cerveja no Brasil. *Revista CITINO – Ciência, Tecnologia, Inovação e Oportunidade*, 2011.
- 37 MEIER, J. P. Prozesswärme: Waschen, Kochen, Trocknen. *Sonne Wind & Wärme*. 1, 46-53, 2012.
- 38 MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. SDA/MAA 54, 2001. Disponível em: <www.sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis> Acesso em: Agosto, 2013.
- 39 MORADO, R. **Larousse da Cerveja**. São Paulo. ed. LAROUSSE, 2009.
- 40 NOGUEIRA, A. D. Lúpulo: A Essência da Cerveja. *Revista Engarrafador Moderno*. São Paulo: Ed. Aden. 22-29, 2010.
- 41 NORDHEIM, E.; BARRASSO, G. Sustainable development indicators of the European aluminum industry. *Journal of Cleaner Production*, v. 15, n., 3, p. 275-279, 2007.

- 42 NRC - Natural Resources Canadá. **Energy Efficiency Opportunities** in the Canadian Brewing Industry, 2010.
- 43 OLAJIRE, A. A.. The Brewing Industry and Environmental Challenges. *Journal of Cleaner Production*. In Press, 2012.
- 44 ONU. Organização das Nações Unidas. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**. Estocolmo, 1972. <<http://www.onu.org.br/rio20/img/2012/01/estocolmo1972.pdf>> acesso em 02/04/2012.
- 45 ROBBINS, L., BRILLAT, B. **Control of Odors in the Brewing and Food Processing Industries**. *Technican Quarterly Master Brewing Association of America*. 39, 29-31, 2002.
- 46 ROY, P., ORIKASA, T., NEI, D., OKADONE, H., NAKAMURA, N., SHIINA, T.,. **A Comparative Study on the Life Cycle of Different Types of Meat**. In: *Proceeding of the Third LCA Society Research Symposium, Nagoya, Japan*. 2008a.
- 47 ROY, P., NEI, D., OKADOME, H., NAKAMURA, N., ORIKASA, T., SHIINA, T.,. **Life Cycle Inventory Analipsis of Fresh Tomato Distribution Systems in Japan Considering the Quality Aspect**. *Journal of Food Engineering* 86, 2, 225-233. 2008b
- 48 SANTOS, S. P., **Os Primórdios da Cerveja no Brasil**. Ateliê Editorial, 2004.
- 49 SAUR, K., Life Cicle Interpretation – A Brand New Perspective? *International Journal of LCA*. 2, 1, 8-10, 1997.
- 50 SETAC - Society of Environmental Toxicology and Chemist. **A Technical Framework for Life Cycle Assessment**. In: Fava, J., Denison, R., Jones, B., Curran, M., Vigon, B., Seike, S e Barnum, J. (Eds). Workshop report from the Smugglers Notch. Vermont, USA, 1991.
- 51 SILVA, J. C., **Biologia 1. Citologia-Histologia**. Ed. Atual, 1980, SP, Brasil.

- 52 SILVA, J. O. da; ROCHA, I.; WIENHAGE, P.; HAUSCH, R. B.. Gestão ambiental: uma análise da evidenciação das empresas que compõe índice de sustentabilidade empresarial (ISE). *Revista de Gestão Social e Ambiental*, 3, 56-71, 2009.
- 53 SIRET, T.. Life Cycle Assessment of a Basic Lager Beer (LCA). *International Journal of LCA*, 6, 293-298, 2001.
- 54 SORRELL, S. **Barriers to Energy Efficiency in the UK Brewing Sector. Science and Technology Policy Research (SPRU)**. Un. of Sussex. 2000.
- 55 STEFENON, R., **Vantagens Competitivas na Indústria Cervejeira: O Caso das Cervejas Especiais**. Revista Capital Científico-Eletrônica (RCCe). Brasil.
- 56 TANSEY, G.; WORSLEY, T. **The Food System: A Guide**. Earthscan Publ. Ltd, London, 1995.
- 57 TIBOR, T.; FELDMAN, I.. **ISO 14000: A Guide to the New Environmental Management Standards**. USA: Times Mirror Higher Education Group, 1996.
- 58 TOKOS, H. et al. An Integrated Sustainability Performance Assessment and Benchmarking of Breweries. *Clean Technology of Environmental Policy*, 14, 173-193, 2012.
- 59 TROMMER, M. W., **Brasilien – Bier markt mit Potenzial. Brauwelt**. Hans Carl Fachverlag. Germany, 2011.
- 60 TSOCHPE, E. C., **Microcervejarias e Cervejarias: A História, a Arte e a Tecnologia**. São Paulo. Ed. Aden, 223p., 2001.
- 61 VAN der MERWE, A. I., FRIEND, J. F. C.. **Water Management at a Malted Barley Brewery**. *Water SA*, 28, 3, 313-318, 2002.
- 62 VIOTTI, E. **Coleção Folha O Mundo da Cerveja**. Brasil, Argentina e Uruguai. Folha de São Paulo. Brasil. 2012a.
- 63 VIOTTI, E. **Coleção Folha O Mundo da Cerveja**. As Cervejarias. Folha de São Paulo. Brasil. 2012b.
- 64 WALTER, S., GLAS, K., PARLAR, H.. Wassermanagement in der Getranke. *Industrie Brawelt*, 33, 972-976, 2005.