

ANÁLISE DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL DO DIÓXIDO DE CARBONO

Aline C. Leite^a,

Eduarda T. Garcia^a,

Ingrid R. S. Palacios^a,

Jhonathan C. da Silveira^a,

Valéria C. P. Gomes^a,

e Euclides B. Maluf^a

^aInstituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais (IFMG), Bambuí, Minas Gerais, Brasil

Contato para Informação
euclides.maluf@ifmg.edu.br

RESUMO

O dióxido de carbono é um composto utilizado na fabricação de diversos produtos, e mesmo possuindo característica de gás residual, consegue ser transformado em matéria-prima lucrativa. Dessa forma, torna-se importante desenvolver um olhar criterioso aos processos e à produção, a fim de garantir a sua sustentabilidade, dando atenção à gerência da produção, destinação dos produtos e o fator ambiental. Nesta perspectiva, o presente estudo tem como objetivo descrever e analisar o processo da produção industrial de dióxido de carbono (CO₂), abordando princípios da gestão da produção, cadeia de suprimentos e gestão ambiental. A pesquisa se caracteriza como qualitativa e descritiva, e utiliza um levantamento de dados primários. Nos resultados, observa-se um grau elevado de planejamento e boas estratégias de gestão que otimizam os custos da empresa. No entanto, há alguns pontos que podem ser melhorados, como o estoque, a capacidade, os selos ambientais e a Redução Certificada de Emissão, que cumpre com a responsabilidade ambiental da empresa, a qual será certificada e poderá negociar essa certificação no mercado internacional. Conclui-se que o estudo contribui para o meio científico assim como para o meio empresarial e o meio ambiente, visto que há poucos trabalhos sobre o tema e empresas que promovem esse tipo de ação possuem diferencial competitivo e colaboram com a perenidade dos recursos ambientais.

Palavras-chave: Gestão da Produção; Gestão Ambiental; Dióxido de Carbono; Redução Certificada de Emissão.

NOMENCLATURA

ABIQUM Associação Brasileira das Indústrias Químicas

CLP Controlador Lógico Programado

CO₂ dióxido de carbono

NO₂ dióxido de nitrogênio

ONU Organização das Nações Unidas

MDL Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

POP Procedimento Operacional Padrão

RCE Redução Certificada de Emissão

kgf/cm² Quilograma-força por centímetro quadrado

°C Grau Celsius

PPM Partes Por Milhão

m² Metro quadrado

INTRODUÇÃO

O dióxido de carbono foi descoberto por volta de 1756 pelo médico, químico e físico britânico Joseph Black, que mostrou que o ar fixo (CO₂) pode ser produzido pela respiração, fermentação e queima de carvão [1]. O CO₂, no entanto, não se origina apenas das formas descritas anteriormente. O CO₂ industrial é produzido também por meio da queima, utilizando-se de materiais com alta concentração de dióxido de carbono, e alocado em recipientes compostos por isolantes térmicos ou em cilindros de aço [2].

A Indústria Brasileira de Gases [3] aborda a aplicação deste gás em diversos produtos e áreas, como sua presença na indústria metalmeccânica, solda, área medicinal, enchimento de extintores e controlador de poluentes. Pode ser utilizado também na indústria alimentícia, na fabricação de

refrigerantes e água gaseificada, e no processo de congelamento, resfriamento e embalagem de produtos.

Além das diversas aplicações do CO₂ na indústria, as empresas que reduzem a emissão de um dos seis gases do efeito estufa, conseguem certificados emitidos pelo Conselho Executivo do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) - um órgão da ONU. Este certificado pode ser vendido para outras empresas que poluem muito e precisam comprar esses créditos de carbono devido ao Protocolo de Kyoto, assinado por 175 países com o propósito de reduzir o aquecimento global [4].

Diante da alta competitividade e dinamicidade do mercado atual, mostra-se importante a produção do dióxido de carbono, que mesmo possuindo característica de gás residual, consegue ser transformado em matéria-prima lucrativa. É importante desenvolver um olhar criterioso aos processos e à produção, a fim de garantir a sua sustentabilidade econômica, dando atenção à gerência da produção, destinação dos produtos e o fator ambiental. Desse modo, o estudo desses fatores dentro de uma indústria é relevante, pois assim é possível identificar e compreender aspectos que possam impactar positivamente no processo produtivo, relacionados à expansão da capacidade, bem como o tratamento dos fatores e particularidades que limitam a produção.

Nesta perspectiva, o presente estudo tem como objetivo geral descrever e analisar o processo da produção industrial de dióxido de carbono (CO₂) de uma empresa, abordando princípios da gestão da produção, cadeia de suprimentos e gestão ambiental.

Administração da produção

De acordo com Slack, Chambers e Johnston [5], a administração da produção é responsável por gerenciar os recursos da produção de produtos e serviços. Moreira [6] reafirma esses conceitos e ressalta que se tem uma imagem muito incompleta e equivocada da administração da produção, referindo-a apenas a cenários fabris, quando na verdade, a mesma também abrange empresas ligadas à prestação de serviços.

Faz-se necessário uma atenção especial ao setor de produção das organizações, possibilitando assim a realização de levantamento de técnicas e estratégias apropriadas que resultam em vantagens competitivas, principalmente tratando-se do cenário mundial competitivo, onde permeia-se cada vez mais o aprimoramento da tecnologia. Deve-se levar em consideração que as empresas não competem apenas na elaboração de novos produtos, nas estratégias de marketing e nem tão pouco apenas em suas engenhosas finanças, mas também por meio de suas competências operacionais e na gestão de seus processos. “Uma organização é tão eficaz quanto seus processos” [7].

Sendo assim, estes processos podem ser caracterizados de acordo com os sistemas de produção, que segundo Moreira [6], podem ser divididos em três grupos: o sistema de produção contínua ou de fluxo em linha que consiste em um sistema de sequência linear para produtos e serviços, nele o processo tem tempo previsto e alta velocidade; o sistema de produção por lotes ou por encomenda, que tem sua produção feita em lotes, ou seja, em sequência intermitente e, os sistemas de produção para grandes projetos, que apresenta-se sem repetição e sem fluxo de produto, pois ele é único.

Visando à otimização da produção, juntamente aos sistemas, para Costa Júnior [8] existem requisitos de desempenho que também podem ser nomeados indicadores de performance, exemplo destes são: produtividade, qualidade, velocidade, confiabilidade, flexibilidade e custos.

Automação da produção

A automação dos meios de produção tem relação com as mudanças promovidas nas tarefas e atividades executadas manualmente. Estas mudanças desencadearam uma série de modificações sociais e tornou possível a produção em massa e, conseqüentemente, a venda em massa [9].

Com a introdução da automação, a produção não está relacionada somente aos operadores, essa tem característica tecnológica e está diretamente relacionada ao maquinário. Visto que há uma linha de produção, são fatores significantes, o volume e a quantidade de produção que vão depender de tempo. O processo é rápido e uniforme, mas vale salientar que quando há qualquer parada na linha, a produção fica suspensa. Logo, é necessária a preparação de funcionários e ferramentas para manutenção das máquinas [10].

Capacidade produtiva

A capacidade produtiva é definida como “o máximo nível de atividade de valor adicionado em determinado período que o processo pode realizar sob condições normais de operação” [11].

Peinado e Graeml [12], apresentam a Capacidade Instalada como a capacidade máxima de uma unidade produtiva trabalhando ininterruptamente e não considerando perdas. Hayes e outros [13], argumentam que medir a capacidade de sistemas produtivos é uma tarefa complexa, devido à ação dos seguintes fatores associados à variabilidade: políticas da empresa, confiabilidade dos fornecedores, confiabilidade dos equipamentos, taxas de produção e o impacto dos fatores humanos.

A Teoria das Restrições criada por Goldratt e Cox [14], propõe uma metodologia para identificar a restrição de capacidade que define o desempenho global do sistema produtivo e, a partir daí explorá-la a fim de elevar a capacidade instalada e o ganho

global. A restrição de capacidade é o gargalo do sistema, que é definido como sendo o recurso cuja capacidade disponível é menor do que a capacidade necessária para atender a demanda imposta a ele em um determinado período, o qual é geralmente longo [15].

Cadeia de suprimentos

Conforme Simchi-Levi, Kaminsky e Simchi-Levi [16], a definição para *Supply Chain Management* (SCM) é de um conjunto de abordagens integradas de forma eficiente, compreendendo a escolha de fornecedores, fabricantes, depósitos e armazéns, a fim de que a maioria seja produzida e distribuída na quantidade necessária para localização certa e no prazo exato.

Segundo Ballou [17], a logística empresarial está relacionada com todas as atividades de movimentação e armazenagem, que facilitam o fluxo de produtos e informações do ponto de aquisição da matéria-prima até a distribuição do produto. Somada a essa ideia, Slack, Chambers e Johnston [11] definem a logística como a ciência que descreve a gestão da distribuição física além do consumidor imediato ao longo da cadeia até o cliente final.

De acordo com Ching [18], até 1950 as atividades da logística eram divididas entre diversas áreas. Apenas em meados de 1945, algumas empresas já tinham um departamento específico para cuidar de transporte e armazenagem de produtos.

De acordo com Tadeu [19], a armazenagem de produtos, também chamada de estoque, é uma das partes que integra um todo maior e que representa recursos físicos e financeiros imobilizados na forma de ativos para a produção e/ou venda para o consumidor. As principais funções do estoque consistem em atender a demanda prevista, regular a necessidade de produção quando houver sazonalidade da demanda, separar operações de produção de operações de distribuição, aproveitar descontos em função de maior volume e possibilitar operações de produção, levando em consideração o tempo, volume e custos fixos [20].

No entanto, para Tadeu [19] a acumulação de estoque pode estar associada às causas de anormalidades no ambiente, mudanças internas e externas, atrasos ou aumento no tempo de espera dos fornecedores, aumento de preços no mercado, falta de insumos e materiais nas operações de produção, pausas de manutenção, erro no planejamento e a não previsão da demanda.

Em relação aos modais de transportes utilizados na distribuição e entrega de produtos, destaca-se o transporte rodoviário, possuindo amplo uso em curtas e médias distâncias, além de custo fixo baixo e o custo variável médio [21].

Gestão ambiental

Barbieri [22], aponta que as primeiras manifestações de gestão ambiental foram estimuladas pelo esgotamento de recursos. A questão ambiental começou a ser levantada somente no final da década de 1960 e início da de 1970. Anteriormente, alguns episódios demonstravam a influência do crescimento desordenado na vida da população e na saúde do meio ambiente, tidos como mal necessário para o progresso [23].

Com a demanda de fonte de energia no final século XVIII, a concentração de dióxido de carbono aumentou, comprometendo a capacidade de a atmosfera reter o calor, causando alterações na temperatura do planeta [24].

As mudanças climáticas, de acordo com evidências científicas, ameaçam os ecossistemas, a economia e a saúde das pessoas. Desde a Revolução Industrial, a concentração de gases de efeito estufa tem aumentado principalmente por causa do uso de combustível fóssil e mudança do uso da terra [25].

Atentando-se a poluição ambiental, o Decreto-Lei nº 1.413, dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais “Art. 1º As indústrias instaladas ou a se instalarem em território nacional são obrigadas a promover as medidas necessárias a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio ambiente” [26].

Visando cumprir a lei, as empresas utilizam de estratégias como o sequestro de carbono que é uma alternativa viável para captura do mesmo na superfície terrestre, sendo muito importante para o controle da emissão de gases de efeito estufa e amenização dos efeitos do aquecimento global [27]. Logo, para enfatizar a responsabilidade ambiental da indústria, as mesmas utilizam-se de rótulos ambientais que informam ao consumidor algumas características sobre o produto. Estes são conhecidos como “selo verde”, “selo ambiental” ou “rótulo ecológico” [28].

Observa-se que por meio do sequestro de carbono, há possibilidade de lucrar com projetos desenvolvidos no domínio do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) que disponibiliza RCEs (Reduções Certificadas de Emissões), também conhecidas como créditos de carbono, devido ao Protocolo de Kyoto, acordo internacional que tem por objetivo a redução de gases poluentes, que criou um mercado voltado para a criação de projetos que diminuam a liberação de gases do efeito estufa na atmosfera [4].

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracterizou-se como uma pesquisa qualitativa e descritiva com a utilização de um levantamento de dados primários. Para Martins e Theóphilo [29], a pesquisa qualitativa envolve a

busca de evidências que não são expressas por dados numéricos, mas sim por descrições, interpretações, compreensões e análise de informações, uso de entrevistas, observações, análise de conteúdo e outros. Para alcançar as metas delimitadas neste trabalho, foi necessária a realização de uma pesquisa descritiva, na qual os pesquisadores realizam a descrição, os registros e as análises dos dados obtidos sem manipulá-los [30].

Tendo em vista a pandemia causada pela COVID-19, a Organização Mundial de Saúde recomendou o isolamento social como forma de conter o vírus [31]. Diante desse cenário e a impossibilidade de visitas na empresa estudada, a coleta de dados foi realizada por meio de recursos tecnológicos e não presenciais. O contato foi realizado com os gestores da organização, o que garante a fidelidade das análises realizadas neste trabalho.

Como instrumento de investigação, o levantamento de dados para a presente pesquisa foi efetuado por meio de dois questionários não estruturados. O primeiro questionário foi enviado por e-mail, no dia 19 de março, ao Departamento de Gestão de Pessoas e encaminhado ao gestor responsável pela produção do CO₂ no dia 25 de março e devolvido respondido aos pesquisadores no dia 30 de março de 2020. Este questionário foi composto por 27 questões que versavam sobre o processo da produção do dióxido de carbono, estratégia de cadeia de suprimentos e gestão ambiental. O segundo questionário abordou a descrição e detalhamento dos processos, além de delimitar alguns pontos novos, tais como a parte tecnológica das etapas; este foi respondido no período do dia 10 ao dia 17 de agosto de 2020.

Ressalta-se que, mesmo diante da necessidade de se realizar a coleta de dados por meio digital, todas as informações obtidas foram plenamente explicadas e descritas em todos os seus detalhes, não deixando espaços para dúvidas.

Os dados foram estudados com base na análise de conteúdo, na qual teve-se como pré-análise o embasamento teórico e em seguida a exploração do material e o tratamento dos resultados.

Para Bardin [32], a análise de conteúdo caracteriza-se como um conjunto de análises que objetivam-se a obter indicadores e conclusões de conhecimento. Esta prevê três fases fundamentais: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados.

Salienta-se que uma das condições acordadas entre os autores e a empresa para a realização deste trabalho, foi manter o seu anonimato e a ausência de fotografias de seu fluxo de produção.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A empresa estudada produz gases industriais, configurando-se como filial de uma grande

companhia produtora e comercializadora de um portfólio composto por mais de 150 produtos. Dessa forma, esta instituição não tem decisões totalmente autônomas, mas deve seguir as orientações do grupo a qual pertence.

O presente trabalho teve como foco o estudo da produção do dióxido de carbono (CO₂), sendo esse gás bruto um subproduto derivado da queima em forno de calcinação de calcário, desde abril de 2012, em resposta à uma alta demanda do mercado na região sudeste do Brasil, atuando atualmente com larga liderança no mercado na produção deste gás. A planta da produção de CO₂ possui o tamanho de 3500 m² e conta com doze colaboradores, sendo que destes, sete funcionários trabalham diretamente no processo produtivo.

Administração da produção

Os equipamentos utilizados no processo produtivo são compostos por válvulas, posicionadores e sistemas inteligentes de controle via programação CLP (Controlador Lógico Programado) que trabalha por meio de sensores e atuadores para controle de todo o maquinário. Salienta-se que mesmo a empresa trabalhando com sistemas de programação, o trabalho não é totalmente automatizado, visto que possui sete funcionários ligados diretamente ao processo produtivo que intercalam entre a sala de controle e as visitas no setor.

Apesar de não ser totalmente automatizada, a produção é orientada a Procedimentos Operacionais Padrões (POPs) elaborados com base nas diretrizes da ISO 22000 - Gestão de Segurança Alimentar. A linha de produção é contínua, sem interrupções, na qual mantém-se funcionando 24 horas por dia ou 21 horas por dia quando se tem horário de ponta (período do dia que o custo da energia é maior, de 18 às 21 horas). Apesar de contínua, existem paradas na linha de produção para a realização de manutenção corretiva no forno do qual provém a matéria-prima.

A produção é administrada pelo Gerente de Produção de Gás Carbônico, que tem como estratégia, a utilização de indicadores de desempenho para gerenciar a produção. Observa-se que fatores como flexibilidade, qualidade, custos, pontualidade e rapidez são de grande importância para a produção, porém não foram mencionados pelo gestor diretamente. No entanto, de acordo com as informações obtidas e as análises realizadas identifica-se claramente a presença desses fatores ligados à produção.

Em relação a flexibilidade, a empresa consegue se adequar facilmente aos períodos onde identifica-se a diminuição da demanda por meio do aumento de paradas. Em contrapartida, percebe-se uma dificuldade de reagir se houver um aumento rápido e repentino da demanda, já que a planta opera com a sua capacidade total instalada, não se dispondo de

uma capacidade ociosa que poderia ser usada neste caso, sendo seu único recurso, a diminuição do número de paradas.

Em relação à qualidade, a mesma pode ser observada em todo o processo descrito, visto que, existem testes de confirmação para alcance do produto ideal que, quando não atendem aos padrões preestabelecidos, são refeitos. Além disso, realiza-se a manutenção preventiva e corretiva dos equipamentos e maquinários utilizados na produção do CO₂, garantindo a qualidade de seus processos e, conseqüentemente, do produto final.

Em relação ao custo, observa-se que a matéria-prima para a produção de CO₂ é decorrente de resíduo de outro processo produtivo, não sendo necessário dispendir recursos para obtê-la. Além da matéria-prima, foi mencionado o custo com energia elétrica que é minimizado por meio da menor utilização em horários de ponta.

Em relação à pontualidade, a empresa possui padronização de processos que são orientados por POPs (Procedimentos Operacionais Padronizados) com base na ISO 22000. Além deste fator, observa-se a automação de processos por Controlador Lógico Programável, que reforça a padronização e o controle da linha de produção. Esses procedimentos de padronização possibilitam a automatização dos processos, o que significa que uma máquina fará o controle e o acompanhamento daquela parte ou etapa do processo. Como as máquinas e os equipamentos trabalham de acordo com sua programação pré-estabelecida, os desperdícios de tempo e de movimento são diminuídos, pois o risco de falha por parte do maquinário é baixo, resultando no aumento da rapidez do processo, diminuindo os retrabalhos e as pausas desnecessárias.

Atualmente, a produção de dióxido de carbono (CO₂) é de 110 toneladas por dia, o que corresponde a capacidade de produção máxima instalada. Os desperdícios são quase nulos, apresentando uma taxa igual ou inferior a 0,5%, indicando assim, que o processo possui um alto nível de planejamento, gestão e controle, uma vez que o gás carbônico é sempre recuperado e reprocessado na fase gás.

O produto tem sua demanda prevista de acordo com cronogramas, histórico de vendas e demais ferramentas de controle e o estoque de segurança é calculado pelo número de dias parado x histórico de saída de produto por dia.

Descrição do processo

O processo produtivo do dióxido de carbono foi descrito em 15 etapas, considerando-se que algumas etapas se repetem para se chegar ao padrão de qualidade exigido. Portanto, os mesmos foram alocados dentro das etapas descritas abaixo e podem ser melhor compreendidas no fluxograma criado a partir dos dados obtidos e alocado na Figura 1:

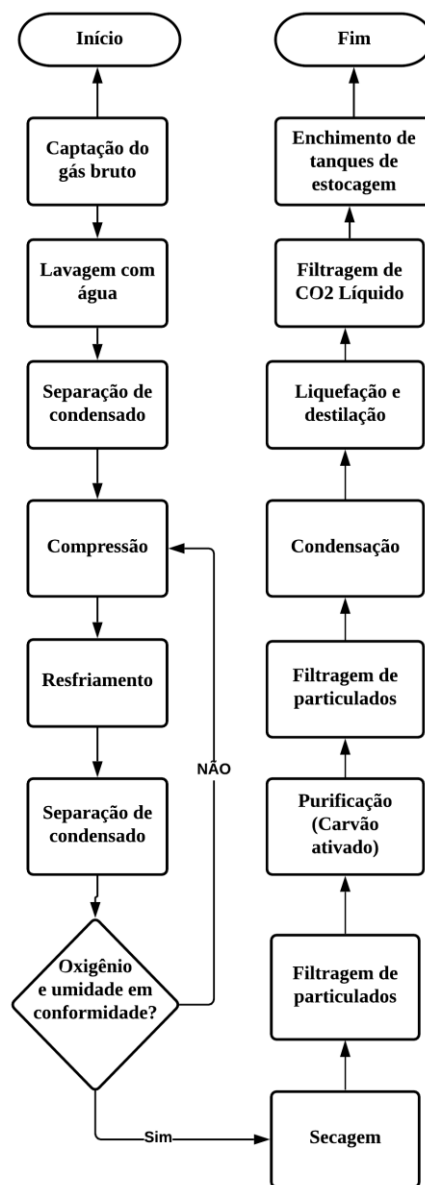


Figure 1. Etapas do processo produtivo

- Captação de gás bruto: o gás bruto é a corrente gasosa com gás carbônico em média de 29,5% CO₂ que é recolhido do forno de calcinação. Essa captação é realizada por tubulação de sentido único acompanha a produção de maneira contínua;
- Lavagem com água: esse processo ocorre na torre de lavagem de maneira contínua, onde o gás bruto entra em contato direto em contracorrente com água. O contato direto entre as correntes faz com que água seja absorvida pelo gás levando a redução de temperatura da fase gasosa e aquecimento da fase líquida, removendo os contaminantes solúveis em água.
- Separação do condensado: o gás bruto é transportado pela canalização, onde passa

pelo separador de condensado, onde o excesso de condensado é retirado.

- Compressão: o gás bruto é direcionado para o compressor acionado por motor elétrico. O compressor de processo é centrífugo e comprime o gás bruto a uma temperatura média de 126 °C.
- Resfriamento: o gás bruto sai da descarga do compressor e troca calor no resfriador com amônia, reduzindo para uma temperatura média de 28 °C. Este processo deve ser repetido por mais uma vez, a fim de se alcançar uma temperatura média de 10 °C, resultando na formação de água condensada.
- Separação de condensado: na saída do resfriador, o gás bruto passa pelo separador de condensado, onde a água condensada é retirada. Posteriormente, o gás é comprimido no compressor, resfriado e separado novamente no resfriador. Esse processo ocorre de maneira contínua.
- Análise de oxigênio e umidade: a aferição de umidade é realizada por sensores infravermelho alocados na linha, se os parâmetros de oxigênio e umidade estiverem de acordo, o processo continua para secagem, se não, retorna para a etapa de compressão.
- Secagem: o gás bruto é conduzido para o sistema constituído pelas torres, cujo leito contém adsorventes polares com a finalidade de reduzir o valor máximo e o teor de umidade para o valor limite de 20 ppm (partes por milhão) no final do ciclo.
- Filtragem de particulados: na saída das torres de secagem, o CO₂ gasoso passa pelo filtro de particulados, que retém pequenas partículas e poeira que são arrastadas com o gás durante as etapas de secagem que passam pelo vaso secador.
- Purificação (carvão ativado): após o vaso secador, a corrente de CO₂ gasoso fluirá por uma coluna cilíndrica vertical, conhecida como torre absorvedora, cujo superfície interna contém carvão ativado, com a finalidade de remover compostos sulfurados remanescentes no CO₂ de etapas anteriores. A torre opera continuamente por um período de 240 horas (10 dias). Apenas um suporte de carvão opera por vez, os demais ficam em espera aguardando a saturação.
- Filtragem de particulados: na saída das torres de carvão, o CO₂ gasoso passa pelo filtro de particulados, que retém pequenas partículas e ou poeiras que são arrastadas com o gás durante as etapas de purificação com carvão ativado.
- Condensação: a corrente de processo resfriada é parcialmente condensada

utilizando-se amônia de baixa pressão a - 31,7 °C no lado casco do condensador. A mistura de CO₂ líquido, vapor de CO₂ e não-condensáveis sai do condensador a 26,1 °C e entra próximo ao topo da coluna de destilação. Esse processo é necessário para que seja possível o manuseio e armazenagem do gás para fins comerciais, bem como os processos de liquefação e destilação a seguir.

- Liquefação e destilação: o gás liquefeito introduzido próximo ao topo da coluna de destilação desce para uma área de recheio estruturado. O gás mais quente, proveniente das partes mais baixas da coluna faz com que o líquido entre em ebulição. Os compostos mais leves e voláteis presentes no líquido entram em ebulição a uma taxa mais elevada em comparação com CO₂, removendo gases não-condensáveis como o nitrogênio, oxigênio, metano, monóxido de carbono e monóxido de nitrogênio presentes no líquido. No fundo da coluna de destilação, o líquido atinge a especificação de pureza exigida no projeto. Qualquer composto mais pesado tal como dióxido de nitrogênio e etileno são parcialmente removidos e tendem a permanecer na fase líquida. O CO₂ líquido flui na coluna de destilação em direção ao lado casco do refeedor principal e para o refeedor auxiliar, estes dois trocadores fornecem calor para ebulir o CO₂ e promover a separação dos voláteis. O refeedor utiliza amônia quente de alta pressão para fornecer calor ao CO₂ enquanto ocorre a condensação de amônia.
- Filtragem de CO₂ líquido: o CO₂ líquido subresfriado é enviado para um dos leitos do filtro de remoção. O NO₂ presente no líquido é removido via adsorção até atingir o limite da especificação de CO₂. O líquido entra pela parte inferior do filtro em operação e ao longo do preenchimento o NO₂ é adsorvido. Na parte superior do vaso há um material adsorvente especial que é capaz de adsorver etileno da corrente líquida. Como o material adsorvente de etileno é sensível ao NO₂ e pode sofrer degradação em decorrência do contato, evita-se que os ciclos de operação dos filtros sejam longos de forma a possibilitar o contato entre o material adsorvente e o NO₂. Nestes filtros, para que o material adsorvente seja regenerado há a necessidade de que seja aplicada energia (calor) para a remoção do composto adsorvido. O processo é totalmente automático e a troca de vasos ocorre exclusivamente em função do tempo de operação do filtro ativo. Essa

etapa ocorre de maneira independente. A única interferência humana é para a manutenção e troca dos filtros.

- Enchimento de tanques de estocagem: os tanques de estocagem recebem o gás carbônico liquefeito, livre de impurezas, onde é mantido com pressão em torno de 18,0 kgf/cm² e temperatura entre -20 e -25 °C. Há um monitoramento da qualidade do produto armazenado via analisadores do painel de qualidade de produto. Para realizar qualquer retirada de produto da planta é necessário que não haja variação da composição do tanque, ou seja, o mesmo precisa estar isolado da produção, além de ter a qualidade do produto estocado atestada. A área de enchimento de carreta, é composta por bombas, além de uma balança rodoviária. Os carregamentos ocorrem após a equalização de pressão entre a carreta e o tanque de estocagem liberado. Durante toda a etapa de enchimento, o peso da carreta é monitorado e a operação encerrada ao atingir a peso equivalente à carreta cheia.

Cadeia de suprimentos

A empresa comercializa o produto para empresas do setor alimentício, hospitalar e outros que utilizam do CO₂ como matéria-prima, não fornecendo diretamente ao consumidor final. O maior percentual de clientes encontra-se na região Sudeste, portanto, o transporte utilizado para a distribuição do produto final (CO₂) é realizado pelo modal rodoviário.

O gás carbônico liquefeito que está acondicionado em cada tanque de estocagem, é mantido isolado dos outros tanques e passa por um processo de testes de produto final em regime de batelada, ou seja, operado de maneira descontínua, em remessas, onde é liberado para o consumidor. Este produto é transferido para o mercado na forma a granel, por meio de carros tanques, que são carregados após serem aprovados em um processo de controle de qualidade. Com o carro tanque aprovado, o gás carbônico é transferido por bombeamento para o carro tanque via mangueiras. Após o enchimento passa por um processo de testes do produto final, se aprovado recebe um certificado de análise e é liberado para atender ao consumidor. Não foi possível acompanhar essa etapa pessoalmente, e a empresa se limitou a essas informações por questões de sigilo e por ser um procedimento que envolva procedimentos de segurança internos.

A elaboração da entrega do produto aos consumidores é realizada por avaliação dos clientes e dos pedidos que são recebidos, analisados e processados. Posteriormente é realizada a emissão de relatório de sugestão de viagens. Após aprovação deste relatório, é feito a programação de entrega,

rotas utilizadas e alocação de recursos necessários para cada transporte.

Para um melhor controle, um atendimento de demanda e um aproveitamento total da capacidade, a empresa sempre possui estoque disponível para comercialização.

Gestão ambiental

A organização não possui selos ambientais até o momento, no entanto, a empresa faz parte da Associação Brasileira das Indústrias Químicas (ABIQUM) e utiliza do sequestro de carbono, reciclando o CO₂ para a indústria. O gás produzido decorre de aproveitamento do processo de calcinação do calcário, em um forno de calcinação. As estratégias específicas de gestão ambiental são confidenciais. Porém, é notória a inclinação para com as questões ambientais, não apenas da empresa em questão, por se tratar de uma empresa do segundo setor, que possui grande impacto econômico e social na região em que se encontra, mas também de todas as empresas que desejam alcançar seus objetivos visando à responsabilidade social. Como estratégia ambiental, destaca-se a questão da utilização do gás carbônico como matéria-prima, de característica residual proveniente de outro processo produtivo, logo, reaproveitado, processado e comercializado.

CONCLUSÕES

A empresa estudada trabalha com produção de gases há mais de um século, seguindo as normas e diretrizes de qualidade baseadas na ISO 22000. No entanto, possui alguns gargalos que, se melhorados, poderiam refletir em um aumento do lucro da organização. Por meio da análise do processo de produção, observa-se um grau elevado de planejamento e boas estratégias de gestão que otimizam os custos. Contudo, considerando a Teoria das Restrições, observou-se fatores que podem ser considerados gargalos, como a utilização da capacidade total, as paradas na produção, estocagem e ausência de selos ambientais.

Em relação à administração da produção, percebe-se um fluxo produtivo complexo e minucioso, no qual vários processos são repetidos a fim de garantir o resultado e a conformidade do produto dentro dos padrões desejados e preestabelecidos.

Se tratando do planejamento da capacidade produtiva, a empresa pauta suas ações levando em conta a capacidade total instalada. Em contrapartida, caso haja alguma mudança da demanda externa, para que a empresa consiga atender seus clientes, faz-se necessário um estudo e um planejamento de aumento dessa capacidade. Salienta-se que a empresa não anseia aumentar a capacidade espontaneamente, sendo essa uma sugestão a ser feita caso aconteça mudanças na demanda externa.

Levando em consideração o fato do estoque da empresa ficar disponível durante todo o ano, mesmo com as paradas realizadas, conclui-se que há determinada ociosidade na planta que faz parte de uma estratégia de produção-estoque de segurança. Para a otimização desta ociosidade, outra alternativa seria a realização de um planejamento que visasse à diminuição da capacidade utilizada, passando então a dispor-se de uma capacidade ociosa que possui como benefício o atendimento da demanda quando aumentada.

A cadeia de suprimentos é bem elaborada, visto que há programação de rotas, avaliações de clientes e emissão de relatórios de sugestão de viagens. Entretanto, observa-se que a distribuição não é direcionada para o cliente final. Outro ponto observado no presente estudo, é em relação a estocagem de produtos, que quando parado tem por consequência baixa liquidez, embora tenha uma vida útil relativamente grande, de cinco anos. Contudo, observa-se que as paradas para manutenção do forno e a disponibilidade de estoques o ano todo são partes de uma estratégia que ocorre para otimização dos custos relacionados às paradas na planta e ociosidade da mesma.

As políticas internas, como por exemplo a política geográfica de atendimento, podem afetar o planejamento da expansão da capacidade, visto que a distribuição se limita somente à região sudeste, não havendo exportação e distribuição para as demais regiões, o que delimita o cliente que irá ser atendido, assim como a necessidade do mesmo. Logo, sugere-se estudos que analisem a viabilidade de atender um mercado mais amplo que englobe o consumidor final, assim como novas rotas de distribuição.

Dentre os fatores que operam dentro da Gestão Ambiental, destaca-se o fato da empresa não possuir selos ambientais, uma vez que estes selos consistem no desenvolvimento de práticas que protegem o meio ambiente. No entanto, é importante ressaltar o fato de que a certificação ambiental é um processo demorado e não muito barato, muitas vezes não se tornando viável para a empresa adquiri-los. Em contrapartida, estes selos ambientais para determinados clientes são a garantia e segurança de estarem adquirindo um produto com responsabilidade, priorizando a sustentabilidade ambiental e uma preocupação com a comunidade local. Por conseguinte, supõe-se que um dos fatores da empresa não aderir à esta certificação parte do pressuposto de que seus clientes ainda não exigem estes selos. É relevante mencionar a participação da mesma na Associação Brasileira de Indústrias Químicas (ABIQUM) e a utilização do sequestro de carbono como forma de reutilizar o CO₂ na indústria. Contudo, sugere-se que a empresa obtenha a RCE (Redução Certificada de Emissão) para comercialização da mesma, o que irá aumentar o lucro e resultados da organização, além de assumir a responsabilidade ambiental, ajudando na redução do aquecimento global.

REFERÊNCIAS

1. MILLAR, D. et al. The Cambridge Dictionary of Scientists. 2^a. ed. New York: Cambridge University Press, 2002. Disponível em: <https://epdf.pub/queue/cambridge-dictionary-of-scientists.html>. Acesso em: 08 mar. 2020.
2. AIR PRODUCTS. Dióxido de carbono. 2020. Disponível em: <http://www.airproducts.com.br/Products/Gases/Carbon-Dioxide.aspx>. Acesso em: 09 mar. 2020.
3. INDÚSTRIA BRASILEIRA DOS GASES. Uma história de sucesso, competência e tecnologia. 2020. Disponível em: <http://www.ibg.com.br/quem-somos.html>. Acesso em: 09 mar. 2020.
4. MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Sequestro de carbono. 2014. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/@search?SearchableText=SEQUESTRO+D+E+CARBONO>. Acesso em: 10 ago. 2020.
5. SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 3^a ed. São Paulo: Atlas, 2009.
6. MOREIRA, D. A. Administração da Produção e Operações. 2^a. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2009.
7. KRAJEWSKI, L.; RITZMAN, L.; MALHOTRA, M. Administração de produção e operações. 8^a. ed. São Paulo: Pearson, 2009.
8. COSTA JUNIOR, E. L. Gestão em processos produtivos. 20^a. ed. Curitiba: IBPEX, 2009.
9. KUNNI, T. L. The 21st Century Manufacturing Automation and the social impact. In: Proceedings of International Conference on Manufacturing Automation. China: Hong Kong, 1997. p. 21-29.
10. FREYSSINET, M. Automação e qualificação da força de trabalho. In: SOARES, R. M. S. M. (org.). Gestão da empresa, automação e competitividade. Brasília: IPEA, 1990. p. 99-112. Disponível em: <http://www.freyssenet.com/files/Automaticao%20e%20qualificacao.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.
11. SLACK, N.; CHAMBERS, S. JOHNSTON, R. Administração da Produção. 3^a. ed. São Paulo: Atlas, 2007.
12. PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção: operações industriais e de serviços. Curitiba: Unicenp, 2007.
13. HAYES, R. et al. Produção, estratégia e tecnologia: em busca da vantagem competitiva. Porto Alegre: Bookman, 2008.
14. GOLDRATT, E. M.; COX, J. F. A meta. 2^a. ed. São Paulo: Nobel, 2002.
15. ANTUNES JUNIOR., J.A.V. Em direção a uma teoria geral do processo na administração da produção: uma discussão sobre a possibilidade de unificação da teoria das restrições e a teoria

- que sustenta a construção dos sistemas de produção com estoque zero. 1998. 339f. Tese (Doutorado em Administração de Empresas) - Programa de Pós-Graduação em Administração da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?cluster=9333286503249749985&hl=en&oi=scholar> Acesso em: 09 mar. 2020.
16. SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. Cadeia de suprimentos: projeto e gestão. Porto Alegre: Bookman, 2003.
 17. BALLOU, R. H. Logística Empresarial: transportes, administração de materiais e distribuição física. São Paulo: Atlas, 1993.
 18. CHING, H. Y. Gestão de estoques na cadeia de logística integrada. São Paulo: Atlas, 1999.
 19. TADEU, H. F. B. Gestão de estoques: Fundamentos, Modelos matemáticos e melhores práticas aplicadas. 2ª. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
 20. STEVENSON, W. J. Administração das operações de produção. 6ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.
 21. RIBEIRO, P. C. C.; FERREIRA, K. A. Logística e transportes: uma discussão sobre os modais de transporte e o panorama brasileiro. Anais [...] XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, v. 23. Curitiba: Enegep, 2002. Disponível em: <http://tecspace.com.br/paginas/aula/mdt/artigo01-MDL.pdf>. Acesso em 15 ago. 2020.
 22. BARBIERI, J. C. Gestão Ambiental Empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos. 3ª. ed. São Paulo: Saraiva, 2011.
 23. GOLDEMBERG, J.; BARBOSA, L. M. A legislação ambiental no Brasil e em São Paulo. Revista Eco 21, Rio de Janeiro, n. 96, nov. 2004. Disponível em: www.eco21.com.br/textos/textos.asp?ID=954. Acesso em: 25 abril. 2020.
 24. PACHECO, M. R. P. S.; HELENE, M. E. M. Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂. Estudos Avançados, São Paulo, v. 4, n. 9, 1990. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141990000200010&script=sci_arttext&tlng=p t. Acesso: 09 ago. 2020.
 25. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Relatório do IPCC/ONU. Novos Cenários Climáticos. Versão em português: iniciativa da Ecolatina 2. Conferência Latino Americana sobre meio ambiente e responsabilidade social. Paris, 2007. Disponível em: http://fmclimaticas.org.br/wp-content/uploads/2014/03/IPCC-contribui__es-do-G.-I-ao-4-relat_rio-A-base-da-Ciencia-F_sica.pdf. Acesso em: 10 ago. 2020.
 26. BRASIL. Decreto Lei nº 1.413 de 31 de julho de 1975: Dispõe sobre o controle da poluição do meio ambiente provocada por atividades industriais. 1975. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1965-1988/Del1413.htm. Acesso em: 15 ago. 2020.
 27. ADUAN, R. A.; VILELA, M. F.; KLINK, C. A. Ciclagem de carbono em ecossistemas terrestres: o caso do Cerrado brasileiro. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2003. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/569012/1/doc105.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2020.
 28. GODOY, A. M. G.; BIAZIN, C. C. A rotulagem ambiental no Comércio Internacional. Anais... IV Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica, v. 4. Maringá, 2001. 1-20. Disponível em: <https://docplayer.com.br/1060393-A-rotulagem-ambiental-no-comercio-internacional-godoy-amalia-mg-1-e-biazin-celestina-c-2.html>. Acesso em: 23 ago. 2020.
 29. MARTINS, G. de A.; THEÓPHILO, C. R. Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2009.
 30. PRODANOV, C. C.; DE FREITAS, E. C. Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2ª. ed. Rio Grande do Sul: Editora Feevale, 2013.
 31. WORLD HEALTH ORGANIZATION. Novel Coronavirus (2019-nCoV) SITUATION REPORT – 51. 10 mar. 2020. Disponível em: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports>. Acesso em: 23 ago. 2020.
 32. BARDIN, L. Análise de conteúdo. Lisboa: Edições 70, 1977.