

**Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade**

**CÉLULAS DE PRODUÇÃO AUTOMATIZADA: ESTUDO DO IMPACTO  
PRODUTIVO EM UMA FÁBRICA DE CIMENTO**

**AUTOMATED PRODUCTION CELLS: STUDY PRODUCTIVE IMPACT IN A  
CEMENT FACTORY**

Rafael Martins das Neves, Rodrigo Veiga Nunes, Renan Peres de Oliveira e Mauricio Nunes Macedo  
de Carvalho

**RESUMO**

Na busca por melhores resultados as empresas estão investindo cada vez mais nas utilizações de seus recursos e na redução de desperdício. Para isso o sistema deve levar em consideração vários fatores no desenvolvimento do projeto, que são: flexibilidade, confiabilidade, envolvimento dos empregados, bons serviços e compreensibilidade. Para atender todos esses fatores de competitividade, deu-se início ao desenvolvimento de sistemas de manufatura de células interligadas. Este estudo tem como objetivo verificar um sistema de operação de uma fábrica de cimento, localizada no Rio Grande do Sul, que faz uso de equipamentos automatizados. Este estudo caracteriza-se como exploratória e, no que tange ao método de pesquisa, classifica-se como quali-quantitativo, tendo em vista que faz uso de entrevista e análise de dados numéricos para obter seus resultados. Como considerações finais, destaca-se o ganho de produtividade com a utilização de Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS) que, num primeiro momento, gerou demissões no setor de ensacamento, mas que em contrapartida, abriu novas vagas de emprego em outros setores da empresa.

**Palavras-chave:** células de manufaturas, fábrica de cimento.

**ABSTRACT**

In the search for better results companies are increasingly investing in the use of its resources and waste reduction. For this, the system must take into account various factors in developing the project, which are: flexibility, reliability, employee involvement, good service and responsiveness. To meet all these competitive factors, it has been started development of interconnected cell manufacturing systems. This study aims to determine an operating system of a cement plant, located in Rio Grande do Sul, which makes use of automated equipment. This study is characterized as exploratory and, with respect to the research method, it is classified as qualitative and quantitative, with a view that makes use of interviews and analysis of numerical data for your results. As final considerations, there is the productivity gain with the use of Flexible Manufacturing Systems (FMS) which, at first, caused layoffs in the bagging sector, but on the other hand, opened new jobs in other sectors of the company

**Keywords:** manufacturing of cells, cement factor.

## 1. Introdução

Nos dias de hoje em que o mercado internacional esta cada vez mais acirrado, o sucesso de uma empresa fabril depende principalmente do seu sistema de manufatura, onde o sistema fabril tenta satisfazer as necessidades dos seus usuários. Para isso o sistema deve ter os seguintes fatores no seu projeto, segurança, flexibilidade, confiabilidade, envolvimento dos empregados, bons serviços e compreensibilidade (Black, 1998).

As células de manufaturas quando estudadas no meio acadêmico e observadas nas organizações são difíceis de serem conceituadas. A troca em um processo de linha de produção por células de manufaturas traz consigo uma flexibilidade maior na produção, porém podem trazer resultados desfavoráveis, como o aumento do tempo total de *setup*, perda de sinergia entre os processos devido à divisão em células de trabalho.

Em uma célula de manufatura o espaço é considerado fundamental, pois tendo uma proximidade dos equipamentos, elo de ligação entre os elementos tempo e a informação, têm-se uma redução do desperdício relativo a troca de informação entre máquinas e operadores.

Quando se tem um sistema flexível de manufatura estamos juntando as tecnologias em um sistema único, que pode ser definido como “uma configuração controlada por computadores de estação de trabalho semi-independentes, conectadas por manuseio de materiais e carregamento de máquinas automatizadas” (Slack *et al.*, 2009). Para (Silva, 2008) a manufatura integrada por computadores e os sistemas flexíveis de manufatura são cada vez mais usados de forma intercambiável.

O objetivo do presente trabalho é a verificação de um sistema de operação em uma fábrica de cimento que faz uso de equipamentos automatizados, utilizando a tecnologia dos Sistemas Flexíveis de Manufatura (FMS). Observa-se que, nesta linha de produção muitas tarefas rotineiras, antes feitas por pessoas, estão sendo realizadas por máquinas de Controle Numéricos Computadorizados (CNC) que, por sua vez, estão assumindo tarefas de alto padrão.

## 2. Revisão da literatura

O critério ou a exigência chave de um projeto funcional para uma célula de manufatura ou montagem é a flexibilidade. Para ser flexível o processo deve ser capaz de lidar com as mudanças no projeto de engenharia, dado que estes são fatores rotineiros, bem como, projetos para novos produtos (Black, 1998).

Para ser flexível o sistema de manufatura deve ser capaz de ser reconfigurado (reprojetado) facilmente. O projeto do sistema de manufatura não deveria ser visto como fixo e inalterável como é normalmente o caso do *layout* funcional ou no *layout* em linha. O projeto do sistema de manufatura dita o fluxo do material, que deve ser feito eficientemente (Black, 1998).

Com o reconhecimento da existência de vários tipos de células de manufatura e da grande diversidade de resultados alcançado consegue-se evidenciar que esta forma de organização do trabalho tem qualificações maiores que um simples arranjo físico (Hyer e Brown, 1999).

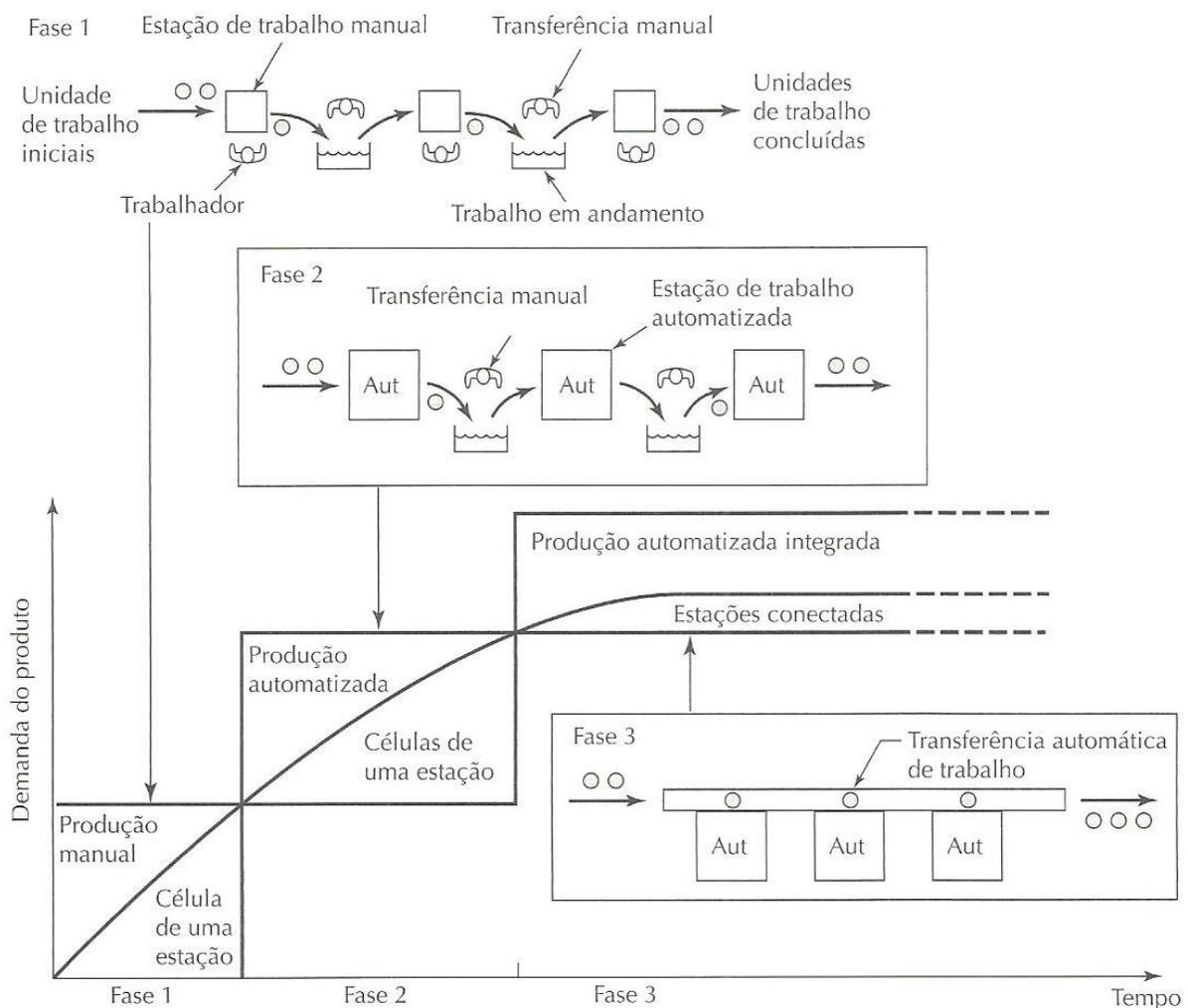
Para Black (1998), o primeiro passo para formar células é reestruturar partes do layout funcional, convertendo-o em estágios para células manuais. As células podem ser ligadas diretamente uma das outras ou podem ser ligadas indiretamente, controladas através do sistema de estoque, onde o cartão *kanban* controla as movimentações nas células.

Neste sentido Groover (2011) aponta que a introdução da automação nos processos produtivos caracteriza-se como uma forma de reduzir custos e tempo gasto com a operação, entretanto esta deve seguir a uma adequada estratégia de implantação, onde:

- Na primeira fase, a produção é realizada manualmente utilizando uma única célula tripulada que opera de forma independente;
- Na segunda fase, a produção passa a ser automatizada utilizando uma única célula automatizada que opera de forma independente. Neste contexto, a medida que aumenta a demanda pelo produto, fica claro que a automação se justifica e as células individuais são automatizadas de modo a reduzir a mão de obra e aumentar a produção. Nesta etapa as peças ainda são movidas manualmente entre estações de trabalho.
- Na terceira fase, a produção é automatizada e integrada utilizando um sistema automatizado multiestação com operações em série e transferência automatizada das unidades de trabalho entre as estações. Nesta etapa a empresa necessita ter certeza de que o produto será produzido em massa por um longo tempo e, pode-se garantir que a integração das células automatizadas de trabalho individuais reduzirá a mão de obra e aumentará a taxa de produção.

A figura 01 ilustra uma típica estratégia de migração para a automação de células produtivas.

Figura 01 – Estratégia de migração para células automatizadas de produção.



Segundo Groover (2011), os detalhes sobre a estratégia de migração para a automação variam de empresa para empresa, dependendo do tipo de produto que produzem e dos processos de produção que executam.

Com a formação de uma célula tem-se um agrupamento de máquinas que produzem peças ou produtos em família, sendo estes com mesmo roteiro de produção semelhante, onde as máquinas ficam alinhadas conforme a sequência do processo de produção. Slack (2009), afirma que arranjo físico é decidir onde colocar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal da produção.

Segundo Slack (2009), as células podem ser arranjadas entre si por um arranjo físico segmentado por processo ou por produto. Uma vez que os recursos processados em uma célula foram transformados, estes podem ser transferidos para próxima célula.

Com a percepção que o tempo de atravessamento é um fator diferencial no custo de um processo de manufatura, sua redução melhora os custos das operações, agregando valor ao processo. Para Black (1998), em um sistema produtivo com layout funcional onde as áreas são separadas por grupo de máquinas similares, somente 5% do tempo é gasto com operações que agregam valor ao produto, o restante do tempo é gasto em movimentação de uma área para outra e, também, por tempo de espera.

### **3. Metodologia**

Para o desenvolvimento deste artigo foi realizada uma pesquisa exploratória na empresa, pois envolveu entrevistas com coordenador da célula de ensaque e operadores do equipamento, que possuem experiência prática com o problema proposto. Da mesma forma, foi realizado um levantamento bibliográfico com vistas à análise de exemplos que estimulem a compreensão. Segundo Gil (2010), a pesquisa exploratória tem por objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, como intuito de torna-lo mais explícito ou a construir hipóteses.

O método de estudo se caracteriza como quali-quantitativo, pois será feito entrevista com o gestor e com os operadores da área, através desta entrevista com o especialista da área, foi possível obter dados importantes para solidificação deste artigo. Conforme Lakatos e Marconi (2010) a pesquisa qualitativa é a que se desenvolve numa situação natural, é rica em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e, focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada. De acordo com Marion (2010) pesquisa quantitativa é aquela em que o pesquisador reúne, registra e analisa dados numéricos.

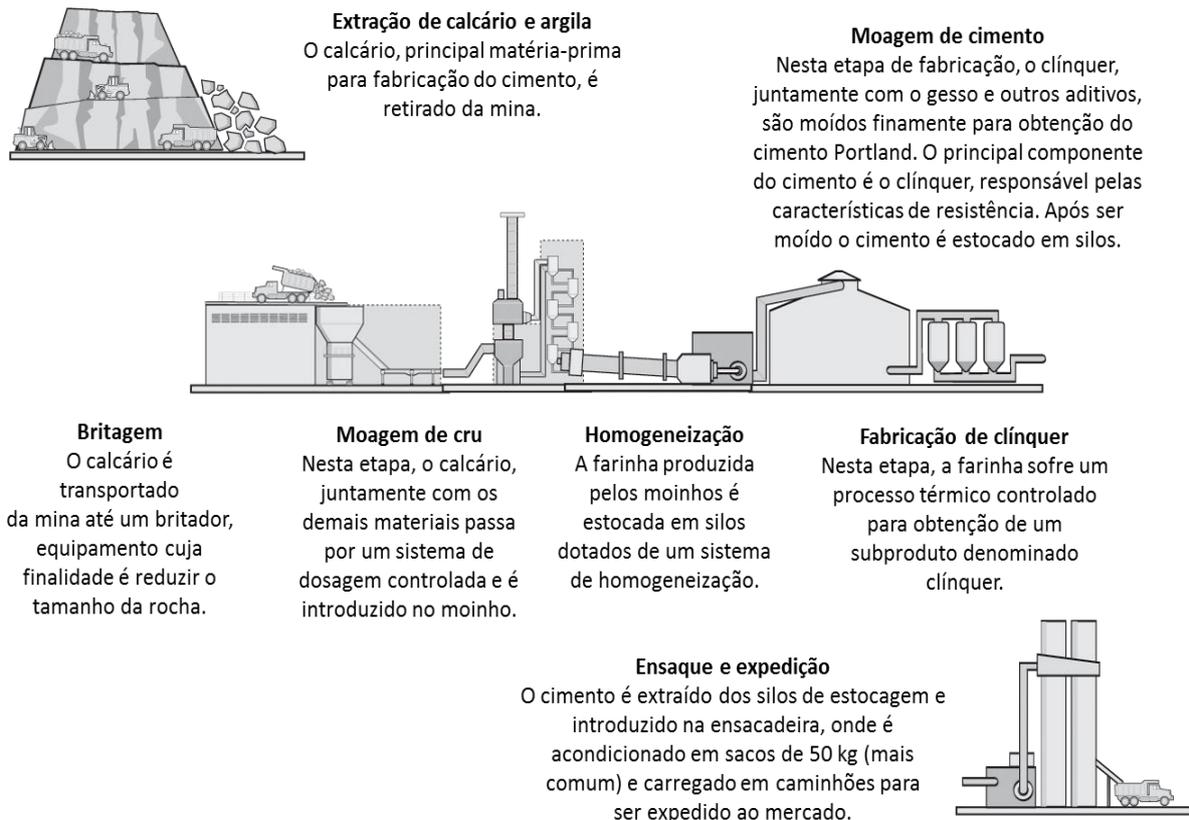
Através deste levantamento de dados será realizado nesta pesquisa um estudo de caso. Para Yin (2002), o estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo dentro do seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidos. Para Gil (2010) estudo de caso consiste em um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de forma que permita ser amplo e detalhado conhecimento.

### **4. Resultados obtidos**

A empresa na qual o estudo foi realizado localiza-se em um município próximo a cidade de Bagé, no estado do Rio Grande do Sul, a mesma produz cimento CPIV-32 sendo este comercializado para diversos municípios do estado, de tal maneira que sua capacidade produtiva apresenta valores expressivos, vindo a possuir tecnologias de ponta similares às utilizadas em fábricas europeias.

A figura 2 demonstra de forma resumida uma visão geral do processo produtivo da empresa, deste a extração da matéria-prima até ao produto final (cimento).

Figura 2 - Processo produtivo de cimento.



Fonte: Autor (2015)

#### 4.1. Processo produtivo

Na fabricação de cimento, cada fase ou estágio do processo envolve um conjunto de controles e operações responsáveis pelas transformações físicas e químicas, desde o estágio original (calcário) até o estado final (cimento).

O processo de fabricação de cimento se divide nas seguintes etapas:

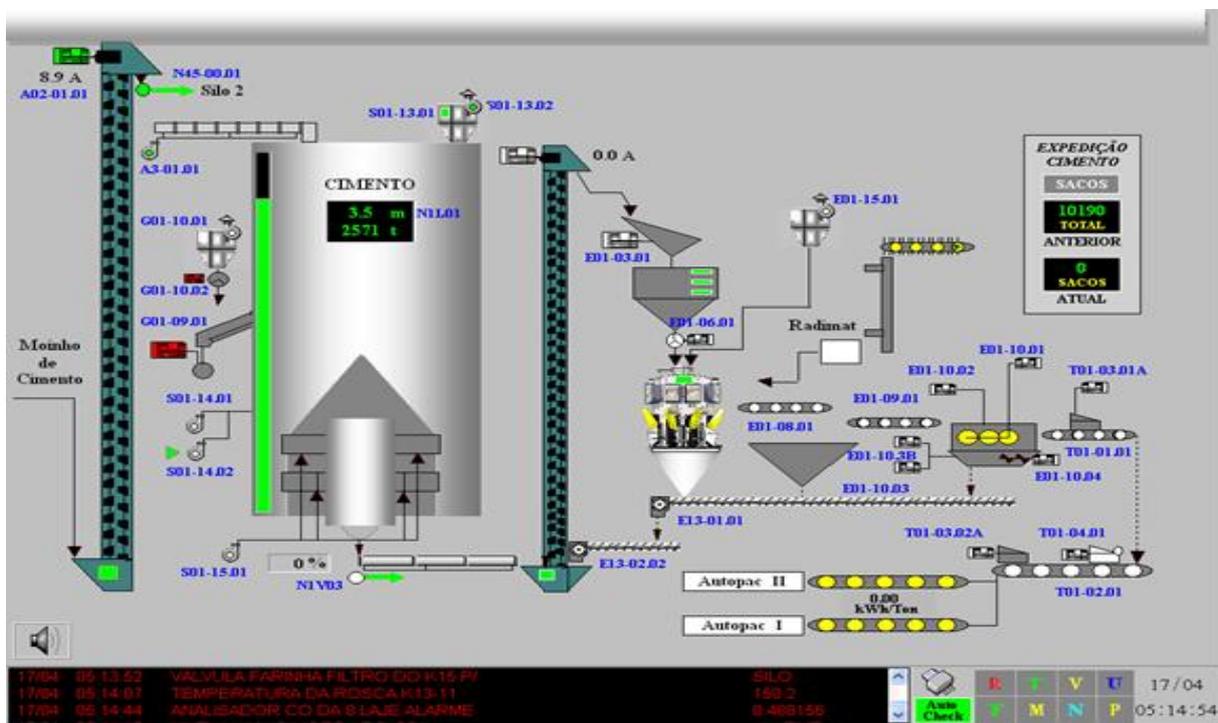
- Mineração – Britagem: é o processo de desmonte, extração e remoção dos minerais que constitui a rocha;
- Moinho de Cru: É o processo de secagem e moagem das matérias-primas em seu estado natural, transformando-as em uma farinha (pó);
- Forno – clinquerização: É o processo de aquecimento e tratamento térmico da farinha em forno de clinquerização. Nesta etapa é formado o clínquer;
- Moinho de combustível – Coque: A fabricação de cimento é altamente intensiva no consumo de energia térmica, sendo essa a principal fonte de calor;
- Moinho de Cimento: É onde o clínquer produzido no forno é submetido a moagem juntamente com materiais aditivos;
- Ensaque: Área onde o cimento é ensacado e expedido.

## 4.2. Processo de expedição

Na etapa de expedição do cimento CPIV-32 o sistema é totalmente automatizado, contendo apenas dois trabalhadores nesta célula. Para Black (1998), a palavra automação refere-se tanto a serviço executado como produto fabricado automaticamente e as tarefas de intercâmbio de informações.

A expedição é programada através do sistema de vendas, este informa para a célula de ensaque quantos sacos de cimento serão expedidos naquele dia, com o número de caminhões e capacidade de sacos que será carregada em cada caminhão, o operador libera a ensacadeira para rotar, assim começa a extração no silo de cimento através de um elevador que alimenta outro silo, onde este cimento passa por uma ensacadeira. A figura 3 demonstra o processo de da expedição de cimento.

Figura 3 - Processo de expedição de cimento



Fonte: Autor (2015)

O cimento é embalado através de uma ensacadeira rotativa de turbina vertical onde os bicos injetores que recebem os sacos através do Radimat, estes são controlados por sensor que indicam quando o sistema tem que ser abastecido com mais sacaria, após este cimento ser embalado ele é transportado em correias que alimentam os Autopac, que são responsável pelo carregamento dos caminhões, a quantidade de sacos de cimento é informada pelo operador para o software das Autopac que é o responsável por fazer a distribuição do cimento em pilhas nos caminhões.

Segundo o coordenador da célula de expedição de cimento com a implantação deste sistema de carregamento, através do software das Autopac, se teve uma redução de funcionário significativa, pois anteriormente os caminhões eram carregados manualmente.

Para Black (1998), com a revolução de computadores para controle de processo e do sistema como um todo, incluindo o sistema de informações, um menor número de pessoas está

trabalhando no chão-de-fábrica, mas um maior número de pessoas estará trabalhando com fabricação de produtos.

A figura 4 ilustra a ensacadeira, onde o cimento é embalado, este sistema possui alta tecnologia com balanças eletrônicas acopladas, para que o saco de cimento se expedido com o peso estabelecido pela da especificação do comprador, ganhando assim a confiança dos clientes.

Figura 4 - Ensacadeira rotativa



Fonte: Autor (2015)

Através do diagnóstico preliminar, constatou-se que a empresa tem grande cuidado nesta etapa, pois é realizado o monitoramento diário dessas balanças, através da aferição do peso na embalagem de cimento.

### 4.3. Análises do controle

De acordo com os entrevistados, a empresa presa pelo cumprimento das normas na qual é certificada e, para manter a confiança dos clientes, realiza diariamente a verificação do percentual de defeito apresentado pelas balanças, de acordo com os valores obtidos, esse erro pode ser aceitável ou não. A tabela 01 apresenta os valores amostrais realizados em um turno de funcionamento da ensacadeira. Para Black (1998), o objetivo da amostragem é tirar conclusão sobre um processo examinando apenas uma fração dele.

Tabela 1- Controle dos bicos da ensacadeira.

		PESO DESEJ.	1ª PES.	2ª PES.	3ª PES.	4ª PES.	MEDIA	CORREÇÃO	DESVIO PADRÃO
02/04/2013 12:00	BICO 1	50,3	50,25	50,22	50,26	50,25	50,25	0,05	0,02
	BICO 2	50,3	50,22	50,3	50,35	50,35	50,31	-0,01	0,06
	BICO 3	50,3	50,43	50,38	50,38	50,26	50,36	-0,06	0,07
	BICO 4	50,3	50,35	50,36	50,28	50,28	50,32	-0,02	0,04
	BICO 5	50,3	50,33	50,31	50,32	50,39	50,34	-0,04	0,04
	BICO 6	50,3	50,25	50,39	50,36	50,34	50,34	-0,04	0,06
MÉDIA DIA 50,29	BICO 7	50,3	49,96	50,19	50,25	50,22	50,16	0,14	0,13
	BICO 8	50,3	50,36	50,25	50,25	50,28	50,29	0,01	0,05

Fonte: Autor (2015)

De acordo com o entrevistado, esta amostragem é feita todos os dias pelo operador que trabalha na célula de ensaue, o mesmo coleta 32 sacos de cimento e realiza a conferência do peso em outra balança. De acordo com especificações, a pesagem dos sacos não deve apresentar média menor que 50,20 ou maior que 50,50, caso ocorra uma não conformidade das quatro coletas feita em cada bico da ensacadeira, é informado o setor de instrumentação que realiza manutenção no equipamento no intervalo de almoço, momento em que o equipamento se mantém fora de operação.

#### 4.4. Fatores que limitam a expedição

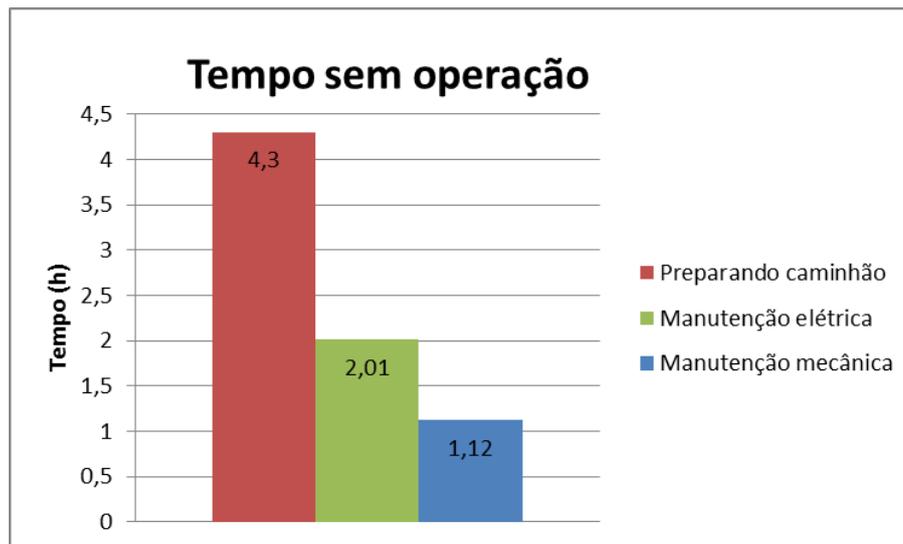
De acordo com o entrevistado, a etapa de expedição de cimento acontece de segunda a sexta, no horário das 8 às 17 horas e 30 minutos, com uma hora de intervalo de almoço, é expedida aproximadamente 12 mil sacos de cimento por dia.

A programação de vendas trabalha junto com a logística da empresa, a qual é responsável por informar para o coordenador da célula quantos sacos serão expedido na data, com isso se tem um controle para o carregamento ser feito até as 17 horas e 30 minutos a fim de não gerar horas extras.

O término deste turno, os equipamentos da célula de ensaue são entregues aos cuidados do setor de manutenção, o qual é o responsável por o bom funcionamento da ensacadeira, tendo em vista que este é um sistema que trabalha com zero de estoque, não pode parar durante o horário de funcionamento para não gerar atrasos com os compromissos firmados com os clientes. De acordo com o entrevistado, “o cliente é o rei e temos que encantá-lo, esse é o foco, e os esforços devem ser direcionado para atender essa premissa”.

O figura 5 apresenta os tempos em que o equipamento fica fora de operação. Nele é possível observar que o sistema de ensaue fica mais tempo fora de operação em decorrência da espera pelo desenlonamento do caminhão, do que, pela manutenção no sistema.

Figura 5 – Tempo que o sistema de ensaue fica sem operação



Fonte: Autor (2015)

Na célula de ensaie se tem uma grande preocupação com a manutenção preventiva, tendo ela a responsabilidade de minimizar quaisquer contratempos, imprevistos e custos operacionais que venham a afetar a produtividade da organização.

## 5. Considerações finais

Neste estudo de caso pode-se concluir que a análise atingiu os propósitos estabelecidos, identificando o funcionamento da célula de expedição de cimento.

Verificou-se que, com a chegada desta tecnologia no sistema de carregamento de cimento, ocorreram demissões no setor. Entretanto, outros postos de trabalho foram abertos na empresa, com a introdução deste sistema, em decorrência dos ganhos de produtividade.

Pode-se perceber, o quanto a empresa preza pelo cumprimento dos prazos, tendo em vista que é realizada diariamente a manutenção preventiva na célula de expedição. Conforme observamos na figura 4, esse sistema não fica muito tempo sem operação por fatores mecânicos, estando o mesmo disponível para carregamento o mais rápido possível.

Durante o estudo, o coordenador da célula de ensaie foi indagado sobre a possibilidade de a empresa manter um estoque neste setor, pois, conforme relatos, quando ocorre falha no sistema elétrico todo o sistema fica parado com vários caminhões na espera. Na opinião do coordenador, com a formação de estoque a empresa teria um custo maior no produto, que não agregaria valor ao mesmo, pois seria necessário investir em equipamentos como empilhadeira e paletes.

Por fim, conclui-se que para o aprimoramento das células de manufatura, é necessário uma profunda análise e envolvimento de todos dentro da organização, percebeu-se que bons resultados são alcançados quando há comprometimento de todos os colaboradores da fábrica.

## Referências bibliográficas

BLACK, J. T. O projeto da fabrica com futuro. 1. ed. Porto Alegre: Artes médicas, 1998, 288 p.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GROOVER, Mikell P., Automação industrial e sistemas de manufatura. 3 ed. São Paulo, SP : Pearson Prentice Hall, 2011. 581 p.

HYER, N. L., BROWN, K. A. *The discipline of real cells. Journal of Operations Management.* n. 17, p. 557-574, 1999.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. Fundamentos de metodologia científica. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MARION, José Carlos. Contabilidade Empresarial. São Paulo: Atlas, 2003.

SILVA, Reinaldo O. da. Teoria da administração. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008, 311 p.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Administração da Produção, 2 ed. São Paulo: Atlas, 2009.

YIN, Robert K. Estudo de Caso – Planejamento e Métodos. 3 ed. Porto Alegre: Bookman, 2002, 212 p.