

**APLICAÇÃO DO PERT/CPM PARA O PLANEJAMENTO DA PRODUÇÃO:  
ESTUDO DE CASO EM UMA INDÚSTRIA CERÂMICA****PERT/CPM APPLICATION FOR PRODUCTION PLANNING: A CASE STUDY  
IN CERAMIC INDUSTRY**

Dermeval Martins Borges Junior

**RESUMO**

Este trabalho teve como objetivo aplicar os métodos PERT/CPM para o planejamento e controle do processo produtivo em uma indústria de cerâmica vermelha. A coleta de dados foi feita por meio de entrevista individual com o responsável pela área de produção da empresa estudada e por observação simples do processo de produção. Os resultados indicaram como tempo esperado total para a produção na referida indústria 174,8 horas, porém para que a probabilidade de realização seja de 99,9% são necessárias 215 horas. O caminho crítico, aquele que se não cumprido no tempo estipulado para cada tarefa implicará no atraso da produção, compreende as atividades de descanso, homogeneização, destorroador, misturador, laminador, extrusão e corte, secagem, disposição nos fornos, queima, resfriamento e retirada dos fornos.

**Palavras-chave:** Controle. Produção. Indústria. Planejamento. Programação.

**ABSTRACT**

This paper aims to apply PERT/CPM techniques for planning and control of production process in a red ceramic industry. Data collecting was done through individual interview, with the responsible for the production area of the studied company, and by simple observation of the production process. Results showed that the expected total time for production in industry was 174.8 hours. However, in order to a 99.99% probability of realization, 215 hours are necessary. Critical path, if not fulfilled in time for each task which will result in delayed production, comprises the activities of rest, homogenization, break, mix, mill, extrusion and cutting, drying, put in ovens, burn, cooling and removal from ovens.

**Keywords:** Control. Production. Industry. Planning. Programming.

---

<sup>1</sup> Mestrando do Programa de Pós-graduação em Administração da Universidade Federal de Uberlândia na linha de Gestão Financeira e Controladoria. Graduado em Administração pela Universidade Federal de Uberlândia. E-mail. dermevaljr14@gmail.com

## **1 INTRODUÇÃO**

Devido às condições econômicas e de mercado, as empresas estão tendo que melhorar o quanto for possível a forma como exercem suas atividades. De acordo com Quezado, Cardoso e Tubino (1999), observa-se uma revolução nos paradigmas dos processos produtivos imposta, principalmente, pela globalização da economia. Por meio dessa política globalizante, há uma maior integração entre os países, grupos de países ou continentes, com quedas de barreiras comerciais, tendo como consequência, acirradas disputas entre empresas concorrentes, transformando, portanto, as relações de produção. Tendo em vista esse cenário de elevada competição, as organizações têm buscado maneiras de aumentar a qualidade e produtividade. Nesse contexto, Lustosa, Mesquisa e Oliveira (2008) destacam que três funções são imprescindíveis para a sobrevivência das empresas e aperfeiçoamento dos sistemas produtivos, são elas o planejamento, a programação e o controle da produção. E dentre as técnicas empregadas para planejar, sequenciar e acompanhar atividades, Padilha et al. (2004) apontam o PERT/CPM como uma ferramenta forte que possibilita análises estratégicas interessantes.

De maneira geral, conforme Hirschfeld (1978), o planejamento com os métodos PERT/CPM é feito por meio de uma rede, apresentando uma sequência lógica do planejamento, com as interdependências entre as operações, a fim de atingir um determinado objetivo. Nessas redes, são colocadas as durações das atividades para permitir uma análise de otimização de tempo e/ou de custo e programação em calendário. Segundo Quezado, Cardoso e Tubino (1999), o PERT/CPM é considerado por muitos como um poderoso instrumento de administração aplicado com sucesso a projetos de qualquer natureza, como: lançamentos de novos produtos, projetos educacionais e teatrais, construção civil, naval, aeroespacial, projetos agrícolas, entre muitos outros. Contudo, os autores alegam que, talvez por questões culturais, o método encontra barreiras para sua implementação em processos produtivos, uma vez que foi concebido para o planejamento de grandes projetos.

Apesar de ser pouco usual em operações fabris, o PERT/CPM pode trazer contribuições importantes para as operações das organizações que envolvem aspectos relativos ao tempo, como pontualidade e rapidez, e com sequenciamento de atividades. Tanto é que estudos recentes, embora ainda escassos, já abordam o uso dessa técnica para o planejamento e controle da produção, como os trabalhos de: Bahia e Souza (2007) que empregam o PERT/CPM para melhoria no controle e processamento em

uma empresa beneficiadora de arroz; De Cesare e Costa (2009) que aplicam o PERT/CPM para diminuir o tempo de produção de camisas em uma indústria de confecções; Santos *et al.* (2010) que usam o mesmo método para obter maior serviço ao cliente em uma empresa de *fast food*; Pelicia e Tarrento (2015) que utilizam o CPM no processo de fabricação de portas pantográficas de uma empresa automotora.

Um tipo de setor fabril favorável para empregar os métodos PERT/CPM no planejamento e controle da produção é o das indústrias de cerâmica, uma vez que, conforme Medeiros (2006), o processo produtivo de blocos cerâmicos é constituído de muitas etapas sequenciais. De acordo com Silva (2009), o setor cerâmico constitui peça-chave na construção civil brasileira e integra uma das áreas consideradas prioritárias pelo Governo Federal, que é a tecnologia industrial básica. Silva (2009) ainda ressalta a forte demanda por produtos de cerâmica vermelha, tais como: pisos, soleiras, tijolos, blocos, placas cerâmicas, entre outros. Segundo o Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE (2005), o setor ceramista participa com cerca de 5% do Produto Interno Bruto - PIB da indústria da construção civil, que, por sua vez, representa entre 6% e 9% do PIB nacional, a depender do ano considerado.

Em face aos benefícios proporcionados pelo método PERT/CPM, a escassez de estudos que fazem uso dessa técnica para o planejamento e controle da produção e o papel relevante da indústria de cerâmica para a economia nacional, este trabalho tem como objetivo geral aplicar os métodos PERT/CPM para o planejamento e controle do processo produtivo em uma indústria de cerâmica vermelha. Como objetivos específicos enumeram-se: i) descrever, de maneira geral, o processo produtivo na indústria de cerâmica objeto de estudo; ii) estabelecer a lista de atividades, incluindo os respectivos tempos e relações entre elas; iii) elaborar diagrama de rede, indicando o caminho crítico; iv) apresentar o tempo total mínimo para realização da produção e sua probabilidade de execução.

Silva (2009) destaca que o setor cerâmico brasileiro é extremamente pulverizado, composto eminentemente por empresas pequenas, do tipo familiar, com forte presença da economia informal. Além disso, Rocha e Palma (2012) afirmam que o setor ceramista carece de inovações tecnológicas, resultando em perdas nos índices de produtividade e na qualidade do produto final. Diante disso, a elaboração de um trabalho como este é justificada por aplicar o método PERT/CPM, consagrado na gestão de projetos, como uma alternativa efetiva para o planejamento e controle da produção,

de modo a contribuir para a normatização e melhoria do processo produtivo nessas indústrias.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

Este estudo pode ser classificado quanto aos objetivos como uma pesquisa descritiva, que, segundo Gil (2002), é aquela que tem como finalidade primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno, até mesmo o estabelecimento de relações entre variáveis, tendo como características principais a utilização de técnicas padronizadas de coleta de dados.

Quanto ao procedimento utilizado, esta pesquisa pode ser considerada como um estudo de caso, desenvolvido em uma indústria de cerâmica vermelha. Conforme Gil (2002), o estudo de caso consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de modo que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Vale ressaltar que, apesar dos benefícios citados, a análise de um único ou de poucos casos fornece uma base muito frágil para a generalização. Deste modo, os resultados obtidos neste trabalho estão condizentes, exclusivamente, às condições e características da organização estudada no período da pesquisa.

A coleta de dados foi feita por meio de entrevista individual com o responsável pela área de produção da organização estudada e por observação simples do processo produtivo. A entrevista ocorreu na própria empresa, no mesmo dia da visita para acompanhamento da produção, e teve duração de uma hora e trinta minutos. Conforme Bauer e Gaskell (2002), a entrevista individual se trata de uma conversação em que o entrevistado tem total liberdade para expor sobre o tema e o pesquisador segue um guia com os tópicos a serem abordados na conversa. Por sua vez, a observação simples, segundo Gil (2002), é entendida como aquela em que o pesquisador observa de maneira espontânea os fatos que estão ocorrendo, sem interferir no andamento dos mesmos.

Os dados obtidos foram tratados conforme exige o método PERT/CPM baseado em Slack et al. (2002). Para melhor entendimento do trabalho, as fórmulas e cálculos empregados a partir dos dados coletados estão descritos em cada etapa da sessão dos resultados.

## **3 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **3.1 Caracterização da empresa**

A empresa utilizada para o estudo de caso foi uma indústria de cerâmica vermelha que está no mercado de cerâmicas há, aproximadamente, 40 anos, sendo uma empresa familiar que, atualmente, é administrada pelos herdeiros do fundador.

A estrutura organizacional é bastante simplificada, dividida em dois segmentos: área administrativa e área de produção. A área administrativa tem como atribuições os aspectos que envolvem aquisições, vendas, parte financeira e administração em geral; a área produtiva compreende os aspectos relacionados ao gerenciamento da produção e qualidade. A entrevista e a visita ao processo produtivo foram feitas com o responsável geral pela área de produção.

A indústria de cerâmica estudada emprega atualmente cerca de 50 funcionários. A empresa tem trabalhado mais com vendas sob pedidos de clientes, mantendo níveis baixos de estoque. Deste modo, a capacidade produtiva total não é utilizada de modo pleno, resultando na necessidade de redução de pessoal.

Referente à produção, a empresa fabrica tijolos cerâmicos comuns, nas dimensões (cm) 10x20x25, 10x20x30, 12x20x25, 12x20x30, 15x20x25, 15x20x30, e canaletas cerâmicas de 10x15x25, 12x15x25, 12x15x30. A programação da produção varia conforme os pedidos recebidos e conforme as necessidades de estoque. Outras variações de produtos cerâmicos não são oferecidas pela empresa, pelo fato de exigirem processos e maquinários diferenciados.

### **3.2 Descrição do processo produtivo**

A matéria-prima utilizada para a produção das cerâmicas vermelhas é composta pela mistura de, fundamentalmente, dois tipos de argila, uma muito plástica e por outra pouco plástica. As argilas são extraídas das jazidas de regiões próximas e transportadas diretamente para a cerâmica, onde permanecem em descanso por um tempo e são dosadas conforme as características desejadas para o produto. Conforme o entrevistado, esse período de descanso da argila representa etapa muito importante para o processo produtivo, pois é nesse momento que elementos como galhos, raízes, folhas ou outros materiais orgânicos se decompõem. Quando isso não ocorre, a produção pode ser comprometida, inclusive resultando em produtos com trincas, deformações, diferenças de peso e medida, entre outras imperfeições. Além disso, quando existem detritos na

argila, as máquinas são mais exigidas para o processamento do material, e por isso, não conseguem executar as funções de modo satisfatório.

Embora pareça ser simples, o processo de descanso exige ainda alguns cuidados. No caso específico da empresa estudada, há certa dificuldade em obter argila, e por isso, a busca por matéria-prima ocorre em diversos locais distintos. Assim sendo, as argilas obtidas possuem diferentes propriedades em sua composição, exigindo tratamento diferenciado conforme cada tipo de material. Um exemplo é a necessidade de umedecer diariamente a argila, com o objetivo de evitar o seu ressecamento, porém esse procedimento pode ou não ser dispensado, vai depender das características de cada tipo de matéria-prima.

Após o período de descanso e o procedimento de umedecimento, quando necessário, a argila é transportada para um depósito para que ocorra o processo de homogeneização. Os diferentes tipos de argila apresentam diferentes teores de umidade, conforme Dantas Neto (2007, apud Silva, 2009) podem ser classificadas em secas (umidade relativa de até 6%), semissecas (7% a 10%), semiúmidas (11% a 18%) e úmidas (maior que 18%). Assim, a etapa de homogeneização consiste em igualar o teor de umidade e temperatura do material para que se possa dar prosseguimento ao processo produtivo.

Quando está homogeneizada, a argila é depositada em um caixão alimentador que irá conduzi-la para o destorroador. No destorroador, a massa é triturada a fim de eliminar os amontoados maiores de argila, denominados de torrões. Esse procedimento irá permitir que as demais operações sejam feitas mais facilmente pelas outras máquinas. Em seguida, o material passa pelo misturador, que consiste num equipamento que possui eixos que vão rodando e misturando a argila e adicionando água, de modo a unificar a massa. Isso ocorre até que a argila esteja com a consistência adequada para a extrusão.

Depois de passar pelo misturador, o material segue para o laminador. O laminador quebra eventuais detritos que por ventura não tenham sido eliminados durante todo o processo até então e, também nesta etapa, a massa cerâmica se torna mais densa, pois são suprimidas todas as bolhas de ar antes de ir para a extrusora. Na extrusora, também conhecida como maromba, a argila homogeneizada é conduzida para uma câmara de vácuo e impulsionada contra um molde de aço, denominado boquilha. Em seguida, a massa sai moldada conforme o formato da boquilha e é cortada de acordo com as especificações desejadas.

Uma vez moldados, os blocos são deslocados para o secador. O secador consiste num espaço coberto, onde os blocos são dispostos e secados por meio de diversos ventiladores, a fim de reduzir sua umidade. Após o processo de secagem, o material é transportado por vagonetas até o local onde ficam os fornos, e são colocados dentro destes através de procedimento manual. O processo de queima dá aos tijolos as propriedades adequadas ao uso, como resistência e cor, obtidas pelas transformações químicas e estruturais que a argila sofre ao ser submetida ao calor.

Embora não esteja diretamente relacionada com a fabricação dos blocos cerâmicos em si, para que o processo de queima ocorra ainda é necessária a atividade referente ao preparo do combustível a ser usado. Para a queima de elementos cerâmicos, os principais combustíveis utilizados são a lenha e o óleo combustível residual, com crescente disseminação do gás natural comprimido. No caso específico da empresa estudada, a fonte é a lenha comum, proveniente da mata nativa da região, o cerrado, e o eucalipto tratado. As características e a forma com que a madeira é trabalhada determinarão o rendimento energético no processo de queima, impactando na duração do mesmo.

Finalizado o processo de queima, os tijolos precisam resfriar por um tempo no interior do forno. Quando parte desse tempo é atingido, a entrada do forno é aberta e são colocados dois ventiladores a fim de tornar o processo de resfriamento mais rápido. Isso ocorre porque os tijolos não podem sofrer uma redução repentina da temperatura, pois do contrário podem ocorrer fissuras ou rachaduras, por isso a importância do resfriamento ser gradativo. Depois do resfriamento completo, duas pessoas são encarregadas de retirar os tijolos dos fornos para que possam ser armazenados.

### **3.3 Definição dos tempos das atividades**

Para elaborar a rede PERT/CPM, encontrar o caminho crítico e a duração total da produção é necessário conhecer os tempos de cada uma das atividades envolvidas no processo. Conforme Slack et al. (2002), para obter a duração de cada operação, são utilizadas três estimativas de tempo para cada atividade, são elas: otimista, mais provável e pessimista. O otimista representa o melhor tempo que determinada atividade é possível de ser realizada, o mais provável é o tempo mais recorrente e, por fim, o tempo pessimista é o de maior duração possível. O tempo considerado para o planejamento da rede PERT/CPM é o esperado, calculado através da equação (1):

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6} \quad (1)$$

Sendo:

$t_e$  = tempo esperado;

$a$  = tempo otimista;

$m$  = tempo mais provável;

$b$  = tempo pessimista.

Assim sendo, nesta etapa do estudo, estão descritos os tempos otimista, mais provável e pessimista para cada uma das atividades, conforme Tabela 1. Vale ressaltar que tais estimativas de tempo foram fornecidas pelo responsável da área de produção da empresa estudada, tendo como base a fabricação de, aproximadamente, 20.000 tijolos de dimensões de 10x20x25 (cm), principal produto comercializado pela cerâmica. O tempo esperado foi calculado de acordo com a equação (1) indicada em Slack et al. (2002).

Tabela 1 – Tempos (em horas) otimista, provável, pessimista e esperado

Atividade	Duração (horas)			
	Otimista	Provável	Pessimista	Esperado
A) Descanso	20	24	48	27,3
B) Umedecimento	0	12	24	12,0
C) Homogeneização	15	24	48	26,5
D) Destorroador	0,4	0,5	0,6	0,5
E) Misturador	0,4	0,5	0,6	0,5
F) Laminador	0,4	0,5	0,6	0,5
G) Extrusora e Corte	0,4	0,5	0,6	0,5
H) Secagem	20	24	48	27,3
I) Preparo da madeira para queima	4	6	7	5,8
J) Disposição nos fornos	8	10	12	10,0
K) Queima	17	24	40	25,5
L) Resfriamento	45	48	50	47,8
M) Retirada e armazenamento	6	8	12	8,3

Fonte: Elaboração própria

### 3.4 Variância e desvio padrão dos tempos das atividades

Com base no método PERT/CPM, para obter a probabilidade de realização da produção no tempo planejado, é necessário calcular a variância ( $\sigma^2$ ) e o desvio padrão ( $\sigma$ ) conforme os tempos otimistas e pessimistas das atividades. O cálculo foi feito a partir das equações (2) e (3):

$$\sigma^2 = \left(\frac{b - a}{6}\right)^2 \quad (2)$$

$$\sigma = \left(\frac{b - a}{6}\right) \quad (3)$$

Sendo:

$a$  = tempo otimista;

$b$  = tempo pessimista.

A Tabela 2 apresenta a variância e o desvio padrão de cada uma das atividades envolvidas no processo produtivo da cerâmica.

Tabela 2 – Variância e desvio padrão do tempo das atividades (em horas)

Atividade	Variância ( $\sigma^2$ )	Desvio Padrão ( $\sigma$ )
A) Descanso	21,778	4,667
B) Umedecimento	16,000	4,000
C) Homogeneização	30,250	5,500
D) Destorroador	0,001	0,033
E) Misturador	0,001	0,033
F) Laminador	0,001	0,033
G) Extrusora e Corte	0,001	0,033
H) Secagem	21,778	4,667
I) Preparo da madeira para queima	0,250	0,500
J) Disposição nos fornos	0,444	0,667
K) Queima	14,694	3,833
L) Resfriamento	0,694	0,833
M) Retirada dos fornos e armazenamento	1,000	1,000

Fonte: Elaboração própria

### 3.5 Relações entre as atividades

Além do estudo dos tempos das atividades, o método PERT/CPM exige identificar os relacionamentos entre as mesmas, isto é, a sequência lógica na qual as atividades devem acontecer para que o projeto se efetive. A Tabela 3 indica as relações de antecedência e subsequência das atividades.

Tabela 3 – Relações de dependência entre as atividades

Atividade	Relação		Tempo Esperado (horas)
	Antecedente	Subsequente	
A) Descanso	-	C	27,3
B) Umedecimento	-	C	12,0
C) Homogeneização	A e B	D	26,5
D) Destorroador	C	E	0,5
E) Misturador	D	F	0,5
F) Laminador	E	G	0,5
G) Extrusora e Corte	F	H	0,5
H) Secagem	G	J	27,3
I) Preparo da madeira para queima	-	K	5,8
J) Disposição nos fornos	H	K	10,0
K) Queima	I e J	L	25,5
L) Resfriamento	K	M	47,8
M) Retirada e armazenamento	L	-	8,3

Fonte: Elaboração própria

Como mostra a Tabela 3, o procedimento de homogeneização depende das atividades de descanso e umedecimento da argila, contudo essas duas atividades não possuem relação entre si, uma vez que cada tipo de argila exige tratamento distinto, ou seja, determinada matéria-prima pode exigir umedecimento enquanto outra deve apenas manter o período de descanso. Após a homogeneização, o material segue para ser processado no maquinário, a partir daí até que os blocos estruturados sejam dispostos nos fornos, as atividades apresentam dependência entre si, assim, a sequência a ser obedecida é: homogeneização; destorroador; misturador; laminador; extrusora e corte; secagem; disposição dos blocos nos fornos.

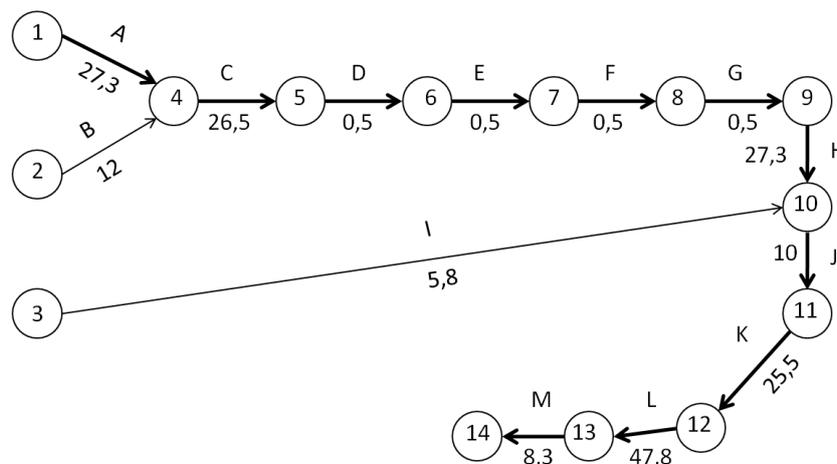
A atividade referente à preparação da madeira não depende de nenhuma outra para ser realizada, porém para que o processo de queima ocorra, além de colocar os blocos nos fornos, é preciso que o preparo da madeira já esteja concluído. Sendo assim,

o processo de queima exige que duas atividades sejam feitas previamente: disposição dos blocos nos fornos e preparação da madeira para a queima. Depois disso, as atividades seguem novamente uma sequência de interdependência: resfriamento e retirada dos fornos para armazenamento.

### 3.6 Elaboração da rede PERT/CPM

Com base nas relações de interdependência e no tempo esperado das atividades, foi elaborada a rede PERT/CPM, apresentada na Figura 1. Esse tipo de diagrama permite visualizar claramente os relacionamentos entre as atividades e a duração das mesmas. Nessa figura, os círculos representam os eventos, que são momentos no tempo em que ocorrem o início ou fim de uma atividade, e as setas correspondem à atividade em si, obedecendo a relação de antecedência e subsequência das mesmas.

Figura 1 – Diagrama de rede PERT/CPM



No diagrama de rede (Figura 1), existe mais de uma sequência de atividades que leva do começo ao fim do projeto. Cada um desses caminhos apresenta uma duração total diferente, que pode ser obtida através da soma dos tempos das atividades que integram determinada sequência. O caminho crítico é o que contém a sequência mais longa de atividades, e está indicado pelas setas de maior espessura. Portanto, o caminho crítico pela rede é o que compreende as atividades A, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, com duração de 174,8 horas.

### 3.7 Probabilidades de execução nos tempos estabelecidos

Por fim, estabelecidas a sequência de atividades, o tempo das mesmas e a duração total do processo de produção, a última etapa consiste em calcular a probabilidade de realização conforme o planejado. Para isso, utiliza-se a soma das variâncias das atividades indicadas na Tabela 2 que integram o caminho crítico, que resulta em 106,89, e o tempo esperado total do projeto, obtido através da soma das durações das atividades que compõem o caminho crítico, que resulta em 174,8 horas.

O fator de probabilidade Z foi obtido através da equação (4):

$$Z = \frac{TC - TE}{\sqrt{\sigma^2}} \quad (4)$$

Sendo:

$TC$  = Tempo estabelecido para a conclusão do processo produtivo;

$TE$  = Tempo esperado total para conclusão do processo produtivo;

$\sigma^2$  = Variância total da duração das atividades que integram o caminho crítico.

A Tabela 4 apresenta as probabilidades de realização da produção:

Tabela 4 – Probabilidades de realização da produção nos tempos estabelecidos

Tempo Estabelecido (horas)	Z	Probabilidade de Realização
215	3,88	99,99%
210	3,40	99,97%
200	2,43	99,25%
190	1,47	92,92%
180	0,50	69,15%
174,83	0,00	50,00%
170	-0,47	31,92%
160	-1,43	7,64%
150	-2,40	0,82%
140	-3,37	0,04%
135	-3,85	0,01%

Fonte: Elaboração própria

De acordo com a Tabela 4, o tempo mais adequado para que a produção ocorra sem atrasos é o de 215 horas, com probabilidade de realização de 99,99%. Esse deveria ser o tempo considerado pela empresa ao estipular os prazos de entrega dos pedidos. Vale ressaltar que, para uma probabilidade de 99,25% de realização da produção, o tempo seria de 200 horas, incorrendo assim em um ganho significativo de 15 horas em comparação às 215 horas necessárias para a probabilidade de 99,99%. O tempo esperado total, com duração de 174,83 horas, que representa o caminho crítico, apresenta probabilidade de realização de 50%. A partir de 150 horas, e à medida que diminui a estimativa de tempo, a probabilidade de realização tende a ser nula, abaixo de 1%.

#### **4 CONCLUSÕES**

Este trabalho teve como objetivo utilizar a técnica PERT/CPM, consagrada na gestão de projetos, para o planejamento e controle da produção em uma indústria de cerâmica vermelha. Para atingir esse objetivo, foi realizada uma revisão da literatura considerando os trabalhos recentes que fizeram uso do PERT/CPM para o planejamento de processos produtivos, como os estudos de Bahia e Souza (2007), De Cesare e Costa (2009), Santos et al. (2010) e Pelicia e Tarrento (2015). Além de descrever as etapas na produção dos blocos cerâmicos na empresa estudada, identificando suas respectivas durações e relações de dependência. Também foram calculadas as probabilidades de realização ou não da produção para determinados tempos estabelecidos.

Embora os métodos PERT/CPM tenham sido desenvolvidos para o planejamento de grandes projetos, os resultados aqui apresentados demonstram que essas técnicas podem trazer importantes contribuições também para os processos produtivos que envolvam uma sequência de atividades interdependentes. Contudo, ainda são poucos os estudos nesse sentido, o que compromete a difusão do PERT/CPM para tais finalidades.

No caso da indústria de cerâmica vermelha objeto de estudo deste trabalho, o uso do PERT/CPM permitiu conhecer as interdependências das atividades com os respectivos tempos de duração esperados, colaborando para o planejamento e controle dessas tarefas. O tempo total esperado para a produção na cerâmica foi de 174,8 horas, porém para que a probabilidade de realização seja de 99% são necessárias 215 horas.

Contudo, para uma probabilidade de realização de 99,25% são necessárias 200 horas, possibilitando assim um ganho de 15 horas a partir de pequenas reduções na probabilidade de realização da produção. O caminho crítico, aquele que se não cumprido no tempo estipulado para cada tarefa implicará no atraso da produção, compreende as atividades A, C, D, E, F, G, H, J, K, L, M, evidenciando ganhos de 17,8 horas por conta da realização das atividades B e I de modo paralelo.

Vale ressaltar que todas as estimativas de tempo utilizadas para o cálculo dos tempos esperados e posterior aplicação do PERT/CPM foram fornecidas pelo entrevistado, responsável pela área de produção da cerâmica, ou seja, não foram utilizadas medições no processo de produção nem técnicas estatísticas para aferir os tempos das atividades com máxima precisão, constituindo assim, uma limitação deste trabalho. Além disso, é importante observar que, por se tratar de um estudo de caso, os resultados aqui apresentados condizem apenas à realidade da empresa estudada, vedando a generalização para outras indústrias, inclusive cerâmicas. Para trabalhos futuros, sugere-se que sejam avaliadas as produções de outras indústrias, outros produtos ou quantidades, uma vez que este trabalho considerou apenas a fabricação de 20.000 tijolos de dimensões de 10x20x25 (cm) e se baseou apenas no caso de uma única indústria cerâmica.

## REFERÊNCIAS

BAHIA, P. Q.; SOUZA, M. G. Planejamento e controle da produção: a utilização das técnicas PERT e CPM na linha de produção da empresa Grão Pará Ltda. In: XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SOBER, 2007.

BAUER, M. W.; GASKELL, G. **Pesquisa qualitativa com texto: imagem e som: um manual prático**. Tradução de GUARESCHI, P. A. Petrópolis: Vozes, 2002.

DE CESARE, E.; COSTA, R. N. C. **Planejamento com PERT/CPM: Um estudo de Caso na Audácia Indústria de Confecções LTDA**. [S.I.]: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, 2009.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HIRSCHFELD, H. **Planejamento com PERT/CPM e análise do desempenho: método manual e por computadores eletrônicos aplicados a todos os fins**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1978.

LUSTOSA, L. J.; MESQUISA, M. A.; OLIVEIRA, R. J. **Planejamento e controle da produção**. 1. ed. Elsevier Brasil, 2008.

MEDEIROS, E. N. M. **Sistema de gestão da qualidade na indústria cerâmica vermelha: estudo de caso de uma indústria que abastece o mercado de Brasília**. 2006. 119 f. Dissertação de Mestrado (Estruturas e Construção Civil). Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2006. Disponível em: <[http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6889/1/2006\\_ElisandraNMMedeiros.pdf](http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/6889/1/2006_ElisandraNMMedeiros.pdf)>. Acesso: 07 fev. 2016.

PADILHA, T. C. C.; COSTA, A. F. B.; CONTADOR, J. L.; MARINS, F. A. S. Tempo de implantação de sistemas ERP: Análise da influência de fatores e aplicação de técnicas de gerenciamento de projetos. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 1, p. 65-74, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/%0D/gp/v11n1/a06v11n1.pdf>>. Acesso: 29 nov. 2016.

PELICIA, D. L. D.; TARRENTO, G. E. Utilização da técnica CPM no processo de fabricação de portas pantográficas de uma empresa automotora. **Revista Tekhne e Logos**, v. 6 n. 1, p. 123-138, jun. 2015. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/seer/index.php/tl/article/viewFile/340/236>>. Acesso: 07 fev. 2016.

QUEZADO, P. C.; CARDOSO, C. R.; TUBINO, D. F. Programação e controle da produção sob encomenda utilizando PERT/CPM e Heurísticas. In: XIX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1999, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: ENEGEP, 1999.

ROCHA, A. F.; PALMA, M. A. M. Gestão da inovação e capacidade competitiva: uma análise não paramétrica no setor cerâmico de Campos dos Goytacazes, RJ. **Cerâmica**, v. 58, n. 346, p. 244-252, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ce/v58n346/v58n346a16.pdf>>. Acesso: 06 fev. 2016.

SANTOS, R. L. S.; MENEZES, V. L.; BARRETO, E. G. L.; SILVA, R. M. O uso do PERT/CPM em uma empresa de *fast food*. In: XXX ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ENEGEP, 2010.

SEBRAE. **Setores estratégicos 2005-2007 – perfil do setor de cerâmica**. Belo Horizonte, 2005.

SILVA, A. V. **Análise do processo produtivo dos tijolos cerâmicos no estado do Ceará – da extração da matéria-prima à fabricação**. 2009. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009. Disponível em: <[http://www.brasenic.com.br/bigot/bigot\\_2.pdf](http://www.brasenic.com.br/bigot/bigot_2.pdf)>. Acesso: 28 jan. 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.