



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA LINHA DE BALANÇO EM UMA OBRA INDUSTRIAL

Vanessa Lira Angelim (1); Luiz Fernando Mählmann Heineck (2)

(1) Integral Engenharia – e-mail: angelim.vanessa@gmail.com

(2) Departamento de Engenharia de Produção – Universidade Federal do Ceará, Brasil – e-mail: freitas8@terra.com.br

RESUMO

A utilização de ferramentas estratégicas no processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) na indústria da construção é decisiva para atender ao prazo de execução da obra e diminuir perdas no sistema produtivo da organização. O objetivo principal desse trabalho é demonstrar a aplicação da ferramenta Linha de Balanço (LOB) na programação das atividades de uma obra industrial, o que não é fato comum no Brasil, onde a maioria das aplicações da ferramenta LOB é realizada predominantemente na área de edificações. O método de pesquisa utilizado foi a aplicação da ferramenta, além do acompanhamento da produção e registros fotográficos. Os resultados mostram que uma obra industrial, aparentemente composta por uma sequência simples de atividades, como montagem de forma, aço e concretagem, possui particularidades que a torna uma construção composta por difíceis operações e criteriosa exigência técnica. A aplicação da ferramenta proporcionou maior transparência no fluxo de informação durante a execução e durante discussão sobre o planejamento junto ao cliente e controle mais eficaz das atividades.

Palavras-chave: Planejamento e Controle da Produção, Linha de Balanço, Obra Industrial.

1 INTRODUÇÃO

Bernardes (2001) aponta como primeiro passo do processo de planejamento a elaboração do planejamento de longo prazo. Esse plano possui a finalidade de estabelecer datas macros dos serviços a serem realizados na obra. Esse nível de planejamento deve ser analisado pelo diretor técnico da empresa de forma que seja compatível com o fluxo de caixa previsto para a obra, resultando no cronograma físico-financeiro que deve estar condizente com a estratégia de produção da empresa (BERNARDES, 2001).

Esse nível de planejamento é também denominado como plano mestre e através da definição dos serviços a serem realizados durante a obra são determinados seus ritmos e o plano de ataque da construção (COELHO; FORMOSO, 2003).

As ferramentas usualmente utilizadas para representar o planejamento na construção civil são o Gráfico de *Gantt*, o *Critical Path Method* (CPM) e o *Precedence Diagramming Method* (PDM). Quando se trabalha com obras compostas por unidades que se repetem ao longo da execução do projeto, como, por exemplo, pavimentos em construções verticais, é recomendada a utilização da técnica Linha de Balanço para a representação do planejamento de longo prazo (ICHIHARA, 1997). O motivo da utilização dessa técnica deve-se ao fato de ser composta por variáveis como lotes de produção e tempos de ciclo (HEINECK, 1996).

A linha de balanço (Figura 1) contém a programação das atividades contínuas A, B, C e D. No eixo horizontal estão presentes as unidades de tempo durante todo o projeto finalizado na data “b” e no eixo vertical está a seqüência das unidades repetitivas a serem executadas. Observa-se que o ponto “a” é igual ao término das atividades na unidade repetitiva 1 e o ponto “b” ao término das atividades na unidade 3. (ICHIHARA, 1997).

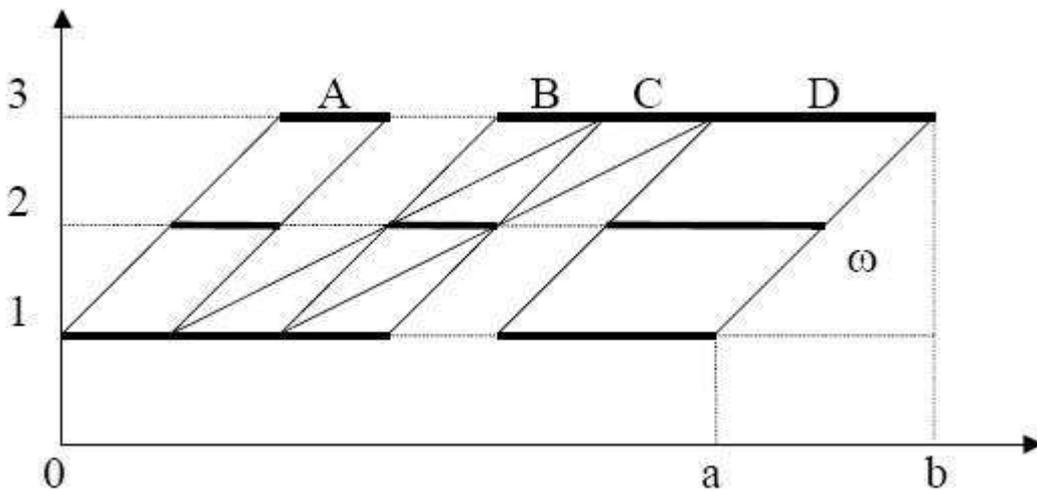


Figura 1 – Linha de Balanço

Fonte: ICHIHARA (1997)

Dessa forma, a LOB possui como critério básico a imposição de um ritmo na execução dos serviços repetitivos com base nos índices de produtividade utilizados no planejamento dos mesmos, não sendo consideradas as variações de produtividade ao longo do tempo (ICHIHARA, 1997).

Os autores Baidek, Ichihara e Fernandes (2004) relatam sobre a aplicação da ferramenta LOB em uma obra industrial composta por um projeto composto por estrutura metálica e comprovam vantagens da sua utilização, além de introduzir o estudo da aplicação da ferramenta diversificando os lotes de produção neste escopo de obra.

2 OBJETIVO

O objetivo desse artigo é demonstrar a aplicação da ferramenta Linha de Balanço em uma obra industrial visando evidenciar a possibilidade de diversificar os lotes de produção e ampliar o uso da ferramenta. Por diversificar entende-se oferecer exemplos de lotes de produção que não sejam os pavimentos-tipo em edifícios ou casa semelhantes em conjuntos habitacionais, exemplos mais freqüentes da aplicação da ferramenta.

3 METODOLOGIA

A pesquisa abordada nesse trabalho foi realizada em uma obra industrial executada por uma empresa de médio porte do estado do Ceará, Brasil. A obra em estudo foi uma usina Termoelétrica e a estratégia de pesquisa adotada foi a aplicação da LOB para a construção de uma parte da estrutura da usina Termoelétrica correspondente a turbina à vapor.

3.1. Caracterização da Obra e do Processo de PCP

A usina termoelétrica era composta por três linhas de produção e a empresa em estudo era responsável pela construção do conjunto de obras que compreendia todo o escopo das obras civis. Tendo em vista introduzir a discussão da aplicação da LOB neste tipo de obra, este trabalho se limita a discutir somente a obra da turbina à vapor da usina termelétrica.

O procedimento de PCP da obra em estudo funcionava de acordo com o método exigido pela empresa fiscalizadora da obra, composto apenas por um planejamento de longo prazo realizado no *Microsoft Office Project* utilizando a representação do gráfico de *Gantt*. Paralelamente ao planejamento exigido pela fiscalizadora da obra, foi aplicada a LOB com o objetivo de fornecer um planejamento mais eficaz e transparente à equipe de produção. Devido ao curto tempo de conclusão do projeto da turbina (aproximadamente cinco meses) e a exigência semanal da fiscalizadora da obra do cronograma atualizado, a LOB era atualizada semanalmente através de reuniões com os envolvidos para discutir o andamento dos serviços.

O escopo da construção da turbina à vapor compreendia apenas a execução da estrutura de concreto composta por uma laje com 2,5 metros de altura, área de 367,95 m² e volume de 350 m³ de concreto sustentada por 8 (oito) pilares.

3.2. Unidade Repetitiva do Projeto

Foram definidas duas unidades repetitivas do projeto, a primeira para a execução dos pilares e a segunda para a execução da laje da turbina. Os pilares da estrutura da turbina em estudo possuem 9,86 metros de altura e área média de 5,45 m² (Tabela 1). Devido a elevada altura dos pilares, os serviços eram realizados em 3 (três) camadas em cada pilar, ou seja, 3 (três) níveis de concretagem com alturas variadas (Tabela 2). Portanto, as unidades repetitivas a serem representadas na Linha de Balanço foram os pilares em cada nível de concretagem.

Tabela 1 - Área dos Pilares da Turbina

ÁREA PILARES TURBINA	
PILARES	ÁREA (m²)
Pilar 1 - C1	5,75
Pilar 2 - C2	5,75
Pilar 3 - C3	5,51
Pilar 4 - C4	3,61
Pilar 5 - C5	5,75
Pilar 6 - C6	5,75
Pilar 7 - C7	5,75
Pilar 8 - C8	5,75
MÉDIA	5,45

Tabela 2 – Altura de cada Nível de Concretagem em cada Pilar

NÍVEIS DE CONCRETAGEM (COTA TERRENO)	ALTURA (METROS)
1º Nível (Cota 99.650 a 103.850)	4,18 m
2º Nível (Cota 103.850 a 108.00)	4,18 m
3º Nível (Cota 108.00 a 109.500)	1,5 m

A laje da estrutura da turbina foi dividida em 3 (três) trechos de execução, correspondendo as unidades de repetição a serem representadas na Linha de Balanço. Os trechos foram delimitados pela área formada por 4 (quatro) pilares, como ilustrado na Figura 2.



Figura 2 – Ilustração da Planta Baixa da Estrutura da Turbina

3.3. Atividades Repetitivas do Projeto

Na tabela abaixo, apresenta-se os serviços executados e suas durações em cada nível de lançamento de concreto em cada pilar e os serviços a serem executados em cada trecho da laje da turbina. No Anexo 1 é apresentado a Linha de Balanço realizada.

Tabela 3 – Descrição dos Serviços nos Respectivos Locais de Produção

LOCAL PRODUÇÃO	NÍVEIS	SERVIÇOS
PILARES	1º Nível – Cota entre 100.000 a 103.850	1º - Montagem das Torres de Cimbramento dos Pilares (única fase) – duração: 3 dias; 2º - Colocação das Barras de Aço de todos os níveis e os Estribos do primeiro nível - duração: 3 dias; 3º - Colocação dos Chumbadores (Inserts) do primeiro nível - duração: 3 dias; 4º - Colocação da Forma do primeiro nível - duração: 2 dias - e desforma do nível anterior – 1 dia; 5º - Lançamento do Concreto do primeiro nível - duração: 1 dia.
PILARES	2º Nível – Cota entre 103.850 a 108.000	1º - Colocação dos Estribos do segundo nível - duração: 3 dias; 2º - Colocação dos Chumbadores do segundo nível - duração: 3 dias; 3º - Colocação da Forma do segundo nível - duração: 2 dias - e desforma do nível anterior – 1 dia; 4º - Lançamento do Concreto do segundo nível - duração: 1 dia.
PILARES	3º Nível – Cota entre 108.000 a 109.500	1º - Colocação dos Chumbadores do terceiro nível - duração: 2 dias; 2º - Colocação dos Estribos do terceiro nível - duração: 2 dias; 3º - Colocação da Forma do terceiro nível - duração: 1 dia; 4º - Colocação dos restantes dos Chumbadores do terceiro nível - duração: 1 dia; 5º - Lançamento do Concreto do terceiro nível - duração: 1 dias; 6º - Retirada das Torres de Cimbramento dos Pilares – duração: 2 dias;
LAJE	1º Trecho	1º - Montagem da Estrutura de Cimbramento da Laje de Concreto – duração: 10 dias; 2º - Colocação da Forma de Fundo – duração: 6 dias; 3º - Colocação da Forma Lateral – duração: 9 dias; 4º - Colocação dos Chumbadores – duração: 3 dias; 5º - Colocação do Aço – duração: 14 dias.
	2º Trecho	1º - Montagem da Estrutura de Cimbramento da Laje de Concreto – duração: 10 dias; 2º - Colocação da Forma de Fundo – duração: 4 dias; 3º - Colocação da Forma Lateral – duração: 5 dias; 4º - Colocação dos Chumbadores - duração: 5 dias; 5º - Colocação do Aço - duração: 12 dias.
	3º Trecho	1º - Montagem da Estrutura de Cimbramento da Laje de Concreto – duração: 7 dias; 2º - Colocação da Forma de Fundo – duração: 5 dias; 3º - Colocação da Forma Lateral – duração: 5 dias; 4º - Colocação dos Chumbadores - duração: 4 dias; 5º - Colocação do Aço - duração: 8 dias.
	Laje Completa	6º - Lançamento do Concreto (única fase) - duração: 1 dia.

Como o trabalho pretende exemplificar a aplicação da LOB em um ambiente industrial é importante classificar alguns aspectos técnicos da área. Por exemplo, os chumbadores utilizados na estrutura, que segundo NBR (Projeto) 04:003.01-104 (2002), são: “Elementos de ancoragem metálicos, posicionados antes da concretagem e somente submetidos a esforço, após concretagem e endurecimento do concreto”.

Baseado na experiência obtida na turbina à vapor da primeira linha da produção da usina, construída anteriormente a estrutura em estudo, estimou-se as durações de cada etapa, que são apresentadas na Tabela 3. Também foram obtidos dados sobre o dimensionamento das equipes utilizado na construção da primeira turbina, que proporcionou valores da produtividade dos funcionários da produção para as condições específicas dessa obra. O passo seguinte foi desenhar a LOB utilizando o *Microsoft Office Excel*. Portanto, a metodologia empregada nesse trabalho foi a realização da LOB, além do acompanhamento dos serviços durante a execução e registros fotográficos.

4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A Linha de Balanço (Anexo 1) foi aplicada com o objetivo de planejar os fluxos de trabalho, proporcionando, através da fácil visualização do andamento dos serviços, a formulação dos ritmos de execução, a localização diária das equipes de trabalho, as interferências entre as equipes, as folgas necessárias entre atividades, os tempos de início e término de cada atividade e o tempo de conclusão da construção.

O uso da LOB na estrutura estudada agregou relevantes melhorias no desempenho durante a execução devido à transparência da seqüência dos serviços que a ferramenta fornece. Houve melhor desempenho durante a formulação do plano de ataque da construção pela empresa executora da obra, como também durante a explanação e discussão do planejamento junto ao cliente durante as reuniões semanais sobre o andamento da obra.

Durante o acompanhamento da execução dos serviços, houve atrasos no planejamento decorrente de problemas na produção. Durante o mês de março de 2010 foram registrados os motivos de atrasos, representados no gráfico a seguir.

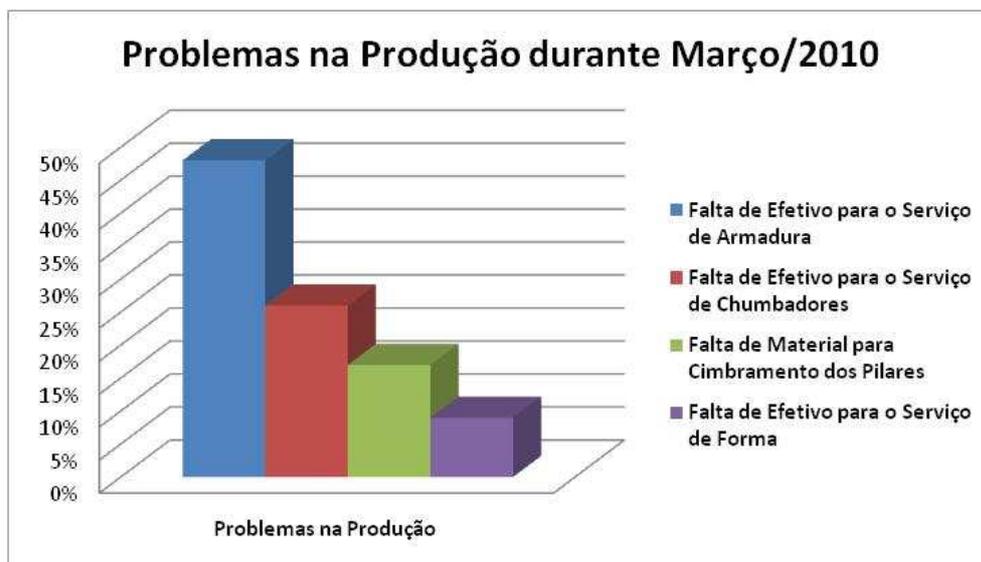


Gráfico 1 – Problemas na Produção durante mês de Março/2010

Devido aos atrasos de chegada do material das torres de cimbramento dos pilares, foi necessário realizar revisão da Linha de Balanço com o objetivo de recuperar o atraso após a chegada desse material. Portanto, foram necessárias quatro equipes em quatro pilares diferentes para executar a montagem do cimbramento. Posterior a montagem do cimbramento, necessitou-se de quatro equipes

de ferreiros e soldadores, como se pode observar na seqüência de execução no Anexo 1. Houve dificuldade para exigir em curto prazo aumento do efetivo para executar os serviços de armação e colocação dos chumbadores, pois eram serviços terceirizados e havia escassez de ferreiros e soldadores na obra. Havia elevada demanda por esses funcionários nas outras estruturas da usina em construção.

Esse fato demonstra a elevada interdependência entre as atividades e o transtorno que pode causar no planejamento. Observa-se a necessidade de um melhor gerenciamento antecipado das restrições para a execução dos serviços a fim de obter estabilidade durante a execução, principalmente em obras industriais que possuem estruturas de grande volume de concreto, elevado número de intervenientes durante a construção e curto prazo de execução.

Apesar dos problemas ocorridos, a ferramenta facilitou o entendimento dos colaboradores do setor operacional, pois na Linha de Balanço estava representado o fluxo sincronizado da mão-de-obra em cada pilar nos respectivos níveis de concretagem. Dessa forma, facilitou o controle geral por parte do mestre-de-obras durante a execução dos serviços que na LOB tinham ciclo de execução e quantidade de equipes definidas. Portanto, através da ferramenta houve eficiente difusão de informações acerca dos detalhes da execução (duração de cada atividade, quantidade de equipes e de efetivo) às diversas equipes e aos representantes das frentes de trabalho.

A utilização dessa técnica foi essencial devido à elevada interdependência que havia entre os serviços até a atividade de lançamento do concreto e à interdependência entre os níveis de execução, pois, atrasando uma atividade comprometia a execução de todas as atividades seguintes. Logo, através do planejamento do fluxo da mão-de-obra nos locais de produção e conseqüente controle obteve-se maior confiabilidade no prazo de construção.

É importante ressaltar que devido ao fato de ser uma obra industrial possuía elevada exigência por parte do cliente ao cumprimento dos prazos para iniciar as etapas seguintes de montagem dos equipamentos para o funcionamento da Termoelétrica.

A seguir são apresentados registros de fotos durante a execução da turbina.



Foto 1: Montagem das torres de cimbramento do pilar C2 à esquerda e serviço de armadura no primeiro nível no pilar C4 à direita.



Foto 2: Colocação dos chumbadores do primeiro nível do pilar C8.



Foto 3: Execução da forma dos pilares C8 e C7 do segundo nível.



Foto 4: Colocação dos chumbadores do último nível dos pilares C8 e C7.



Foto 5: Montagem cimbramento da laje até 2º trecho e início da forma de fundo da laje no 1º trecho.



Foto 6: Vista geral da turbina com cimbramento da laje concluído.

5 CONCLUSÃO

Os autores acreditam na técnica e as suas vantagens puderam ser confirmadas para a construção de uma obra industrial, onde os elementos estruturais possuem grandes volumes. Apesar da simplicidade, a LOB forneceu discussões sobre o planejamento e transparência durante a execução. Devido a essas vantagens, observou-se envolvimento e mudanças no próprio comportamento das partes envolvidas na construção, sendo solicitada a utilização da LOB na execução da turbina à vapor da terceira linha de produção da usina.

A ferramenta utilizada neste trabalho possibilitou a obtenção de um fluxo da mão-de-obra sincronizado, maior transparência durante o planejamento e discussão do plano de ataque junto ao cliente durante a execução. Também foi possível evidenciar facilmente ações a serem tomadas no plano de ataque à obra, pois ficou mais evidente o número de frentes de trabalho nos respectivos locais de produção.

Esse trabalho contribuiu para a melhoria do sistema produtivo da empresa em estudo, pois atualmente ela atua predominantemente na área industrial e a aplicação da ferramenta LOB em uma obra desse escopo agregou novos conceitos aos funcionários.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR (Projeto) 04:003.01-104: Chumbadores – Terminologia.** Rio de Janeiro, 2002.

BAIDEK, J. G.; ICHIHARA, J. A.; FERNANDES, S. P. C. **Planejamento executivo de projetos em estrutura metálica pelo método VPM: um estudo de caso.** In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004, Florianópolis, SC. Anais do 24º ENEGEP, 2004.

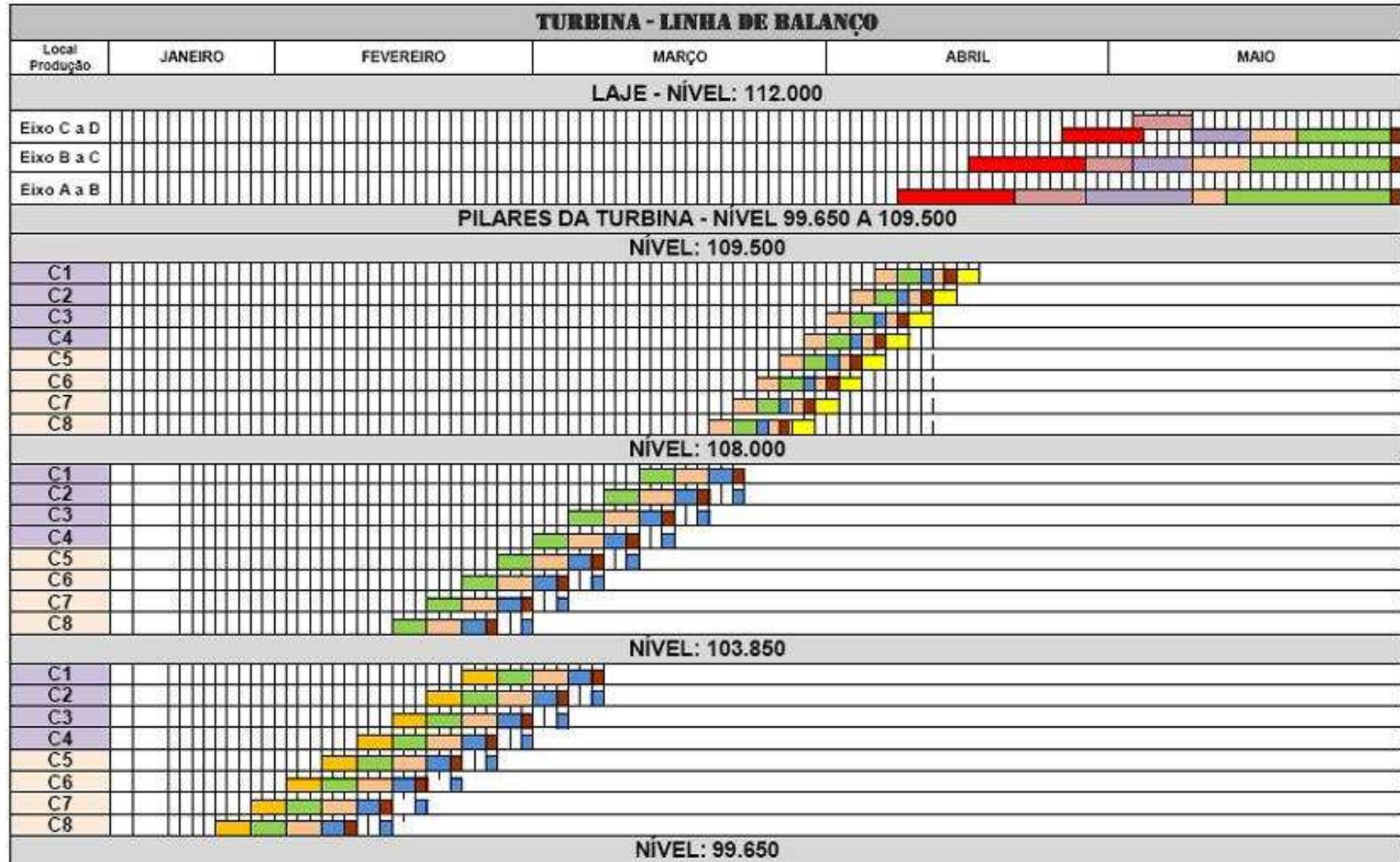
BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção.** 2001. 282p. Tese (Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.

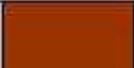
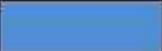
COELHO, H. O.; FORMOSO, C. T. **Planejamento e controle da produção em nível de médio prazo: funções básicas e diretrizes de implementação.** III SIBRAGEC - III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, UFSCar, São Carlos, SP - 16 a 19 de setembro de 2003.

HEINECK, L. F. M. **Dados básicos para a programação de edifícios altos por linha de balanço.** In: Congresso Técnico Científico de Engenharia Civil, 1996, Florianópolis, SC. Anais.

ICHIHARA, J. A. **A Base Filosófica da Linha de Balanço.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 1997, Gramado, RS. Anais do 17º ENEGEP, 1997.

ANEXO 1 – Linha de Balanço da Turbina da Usina Termoelétrica



LEGENDA									
Torre Cimbramento dos Pilares		Chumbadores		Concreto		Cimbramento da Laje		Forma Lateral	
Armadura		Forma/Desforma		Retirada das Torres dos Pilares		Forma de Fundo	