

LARISSA MARINHO COELHO DE MEDEIROS BEZERRA

**PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DE
CÉLULAS DE TRABALHO: ESTUDO DE CASO EM CONSTRUÇÕES COM
VEDAÇÕES VERTICAIS EM CONCRETO ARMADO MOLDADAS *IN LOCO***

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em Arquitetura
e Urbanismo da Universidade de São Paulo
da Escola de Engenharia de São Carlos,
para obtenção do título de Mestre em
Arquitetura e Urbanismo

Orientador: Prof. Dr. João Adriano Rossignolo

São Carlos – SP

2010

Livros Grátis

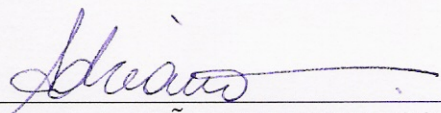
<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

FOLHA DE JULGAMENTO

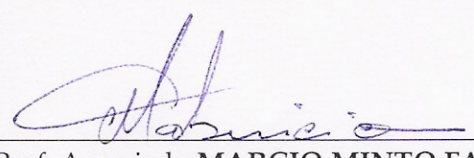
Candidato (a): Bacharel LARISSA MARINHO COELHO DE MEDEIROS BEZERRA.

Dissertação defendida e julgada em 10/06/2010 perante a Comissão Julgadora:



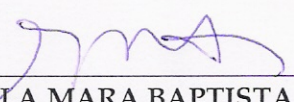
Prof. Associado **JOÃO ADRIANO ROSSIGNOLO** - (Orientador)
(Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/USP)

APROVADA



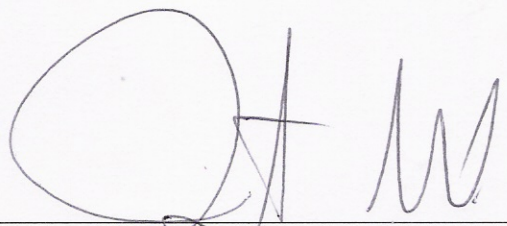
Prof. Associado **MARCIO MINTO FABRÍCIO**
(Escola de Engenharia de São Carlos/USP)

APROVADA

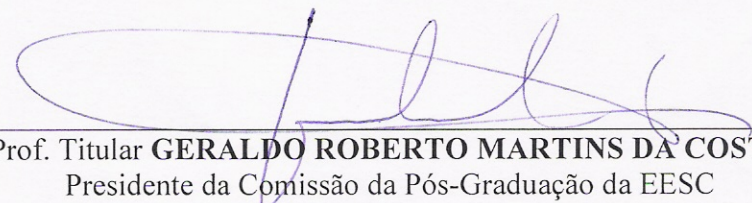


Profª. Drª. **SHEYLA MARA BAPTISTA SERRA**
(Universidade Federal de São Carlos/UFSCar)

aprovada



Prof. Titular **RENATO LUIZ SOBRAL ANELLI**
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo



Prof. Titular **GERALDO ROBERTO MARTINS DA COSTA**
Presidente da Comissão da Pós-Graduação da EESC

01.00.11
10/06/10

Dedico este trabalho aos meus pais,
Márcia e Paulo, às minhas queridas
avós, Dodora e Elza e ao meu marido
Julião pelo apoio e incentivo sempre.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof Dr. João Adriano Rossignolo pela orientação, dedicação e amizade demonstrada durante a realização deste trabalho, sendo fundamental para o meu desenvolvimento acadêmico.

Ao Prof. Márcio Fabrício (USP) e a Prof. Sheyla Serra (UFSCAR) que foram fundamentais na realização deste trabalho.

À empresa Rodobens Negócios Imobiliários por ter aberto suas portas para a realização deste trabalho.

Ao engenheiro Paschoal Armani, Ao mestre de obra S. Amorim pelo acompanhamento na obra e ao estagiário de engenharia Paulo Lemos pela recepção na obra.

À CAPES pela concessão de uma bolsa de mestrado essencial para o incentivo e dedicação a esta pesquisa.

Ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo, professores, funcionários e colegas.
Ao meu pai, Paulo Coelho, pelo exemplo de vida e perseverança em tudo que faz e que sempre me deu forças nos momentos mais difíceis.

À minha mãe, Márcia pelo apoio incondicional e por aliviar a distância e a saudade, estando presente sempre, mesmo que fisicamente distante.

Ao meu marido, Julião Bezerra, pelo amor, pela paciência e por estar ao meu lado.

À minha querida amiga Larissa Araújo pelo acolhimento e apoio na vida e em todos esses anos de curso, meu eterno agradecimento.

À Mariana Almeida pela amizade e atenção em todos os momentos, nossas conversas me ensinaram a olhar a vida positivamente.

À Deus por me dar a oportunidade de crescer sempre.

RESUMO

BEZERRA, L. M. C. M. **Planejamento e controle da produção com a utilização de células de trabalho: estudo de caso em construções com vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco***. 152 f + anexos. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2010.

A indústria da construção civil vem assumindo um papel determinante no desenvolvimento econômico do país e vivenciado um crescimento exponencial que exige das empresas uma dedicação crescente na busca por novas tecnologias construtivas e ferramentas que auxiliem na gestão de empreendimentos. Sistemas construtivos racionalizados que repercutam na melhoria dos produtos com a redução de custos são essenciais para manter a competitividade no setor. O sistema construtivo de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco* confere uma alternativa na produção de habitações em larga escala caracterizada pela redução de custos e alta produtividade originando uma cadeia produtiva que auxilia no planejamento e controle da produção em obras. O presente trabalho tem como objetivo contribuir para o planejamento e o controle da produção de edificações que utilizam em seu processo o sistema construtivo anteriormente citado, propondo um modelo de organização da produção baseado na redução da variabilidade dos processos produtivos por meio do fluxo contínuo da produção, que proporcione o trabalho ininterrupto no canteiro de obras. A proposta associa os princípios que sustentam a filosofia produtiva da *Lean Construction*, e recomenda um modelo para o planejamento operacional de curto prazo, que defina os fluxos produtivos pela aplicação de ritmos constantes nas atividades mediante o nivelamento dos recursos de mão-de-obra envolvidos no processo produtivo com a introdução de células produtivas que proporcionam lotes otimizados de trabalho, constituindo células de trabalho.

Palavras-chave: Construção civil. Vedações verticais em concreto moldadas *in loco*. Planejamento e controle da produção. Células de trabalho.

ABSTRACT

BEZERRA, L. M. C. M. **Planning and control of production using work cells: a case study in constructions with cast-in-place concrete vertical panels.** 150 f + attachments. (Master's degree) – Engineering School of São Carlos, University of São Paulo. São Carlos, Brazil, 2010.

The construction industry has a decisive role in economic development of the country and experienced exponential growth requires dedication growing companies in the search for constructive new technologies and tools that will assist them in managing exposures. Constructive rationalized systems that reverberate in improvement of products with reducing costs is critical to remain competitive in the industry. The constructive system using cast-in-place concrete vertical panels confers an alternative in the production of large-scale housing characterized by reduced costs and high productivity that provides a productive chain which assists in the planning and production control in workplaces. This work aims to contribute to the planning and production control buildings that use its constructive system previously cited, proposing a model organization of production based on reducing variability in productive processes through streaming production, providing uninterrupted work on site. The proposal combines the principles supporting the production philosophy of Lean Construction, and recommends a template for the short-term operational planning, defining workflows by applying patterns appearing in activities by the leveling of labour resources involved in the production process with the introduction of work cells that provide small batches of work.

Keywords: Construction industry. Cast-in-place concrete vertical panels construction. Production planning and control. Work cells.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Execução de painel horizontal	35
Figura 2. Içamento do painel.....	35
Figura 3. Içamento do painel e colocação no local definitivo	35
Figura 4. Colocação do painel no local definitivo	35
Figura 5. INPAR - Edifício multipavimentos executado com fôrmas.....	36
Figura 6. SERGUS - Edifício multipavimentos, escoramento e posicionamento das fôrmas	36
Figura 7. GETHAL - Sistema com formas de madeira para habitações térreas	37
Figura 8. FORSA FORMALETAS – Montagem das fôrmas	37
Figura 9. Construção de habitações térreas com fôrmas de plástico	37
Figura 10. Vedações com fôrmas de plástico	37
Figura 11. Relação temporal do avanço tecnológico da indústria automobilística (manufatura) frente à construção civil	38
Figura 12. INPAR – Sistema de fôrmas na execução de edifício multipavimentos, escoramento e execução de fôrmas	42
Figura 13. Habitações térreas executadas com sistema de moldes.....	42
Figura 14. Detalhe da armadura e ponto de tubulação	44
Figura 15. Detalhe do radier concretado com instalações.....	44
Figura 16. Detalhe das cantoneiras	44
Figura 17. Detalhe da armadura nas cantoneiras	44
Figura 18. Detalhe instalações elétricas.....	45
Figura 19. Detalhe das instalações hidráulicas	45
Figura 20. Sistema de fôrmas metálicas – Santa Maria da Serra-SP.....	46
Figura 21. Sistema de fôrmas mistas com madeira e alumínio	47
Figura 22. Sistema de fôrmas de plástico – Mont Mor-SP	47
Figura 23. Detalhe dos grampos utilizados para encaixe – Mont Mor-SP	47
Figura 24. Detalhe da colocação do painel com espaçadores – Mont Mor-SP.....	48
Figura 25. Detalhe do contramarco para esquadrias – Analândia-SP	48
Figura 26. Concretagem auxiliada por andaimes - São José do Rio Preto-SP.....	49
Figura 27. Guindaste utilizado na concretagem - Monte Mor-SP	49
Figura 28. Detalhe da concretagem com auxílio de guindaste – Monte Mor-SP	49
Figura 29. Concretagem por bombeamento – Analândia-SP	49
Figura 30. Retirada das Fôrmas após concretagem - Santa Maria da Serra-SP	50

Figura 31. Vedações finalizadas prontas para receber esquadrias e acabamentos – São José do Rio Preto-SP	50
Figura 32. Detalhe do telhado em madeira com telhas cerâmicas. Analândia-SP.....	51
Figura 33. Detalhe do telhado com estrutura metálica	51
Figura 34. Habitação concluída em Monte Mor-SP	52
Figura 35. Habitação concluída em São José do Rio Preto-SP	52
Figura 36. Processo tradicional de conversão	57
Figura 37. Processo baseado na <i>Lean Production</i>	57
Figura 38. Dimensão Horizontal do Processo de Planejamento.....	70
Figura 39. Processo de planejamento e controle da produção hierarquizado	72
Figura 40. Diagrama de Barras.....	80
Figura 41. Gráfico de Linhas de Balanço	84
Figura 42. LB conceitual para um processo	85
Figura 43. Linhas de produção de processos	85
Figura 44. Mudança na programação	86
Figura 45. Determinação de recursos necessários em ciclos repetitivos.....	87
Figura 46. Implantação do Parque da Liberdade II – Empreendimento analisado.....	92
Figura 47. Modelo analisado: Planta-Baixa Casa A	93
Figura 48. Fundação em radier	95
Figura 49. Detalhe das instalações elétricas e hidráulicas alocadas na fundação	95
Figura 50. Fundação em radier: detalhe do ferro-guia para sustentação das fôrmas	95
Figura 51. Fôrmas de vedação: detalhe da fixação dos painéis	95
Figura 52. Fôrmas de vedação: detalhe da aplicação das telas de aço e instalações elétricas	96
Figura 53. Detalhe das instalações hidráulicas e elétricas	96
Figura 54. Fechamento da fôrma e apoio por escoramento	96
Figura 55. Fôrmas de vedação e estrutural: detalhe da armadura (vista superior do interior da fôrma)	96
Figura 56. Preparação para concretagem das vedações verticais	96
Figura 57. Preparação para a retirada das fôrmas (retirada dos escoramentos)	97
Figura 58. Retirada das fôrmas.....	97
Figura 59. Vedações finalizadas prontas para receber esquadrias e acabamentos	97
Figura 60. Vedações finalizadas prontas para receber esquadrias e acabamentos	97
Figura 61. Início de montagem da cobertura metálica.....	98
Figura 62. Finalização da montagem da estrutura da cobertura	98
Figura 63. Vista interna da cobertura metálica	98
Figura 64. Colocação das telhas tipo Portuguesa	98

Figura 65. Detalhe do acabamento da cobertura	98
Figura 66. Cobertura: vista interna.....	98
Figura 67. Habitação pronta para receber esquadrias	99
Figura 68. Colocação das esquadrias de alumínio.....	99
Figura 69. Aplicação de gesso.....	99
Figura 70. Aplicação da cerâmica.....	99
Figura 71. Pintura interna	99
Figura 72. Pintura externa com textura.....	99
Figura 73. Habitação concluída	100
Figura 74. Habitação concluída	100
Figura 75. Modelo de formulário elaborado para coleta de dados.....	105
Figura 76. Divisão das unidades de habitações geminadas conforme distribuição do condomínio utilizado no estudo de caso (Condomínio Parque da Liberdade II – São José do Rio Preto-SP)	111
Figura 77. Diagrama de redes representando a etapa “Fundações” de acordo com estudo de caso	114
Figura 78. Gráfico de Linhas de Balanço	115
Figura 79. Gráfico de Linhas de Balanço com a distribuição dos recursos da etapa “fundações”.	116
Figura 80. Gráfico de Linhas de Balanço com a mão de obra das atividades redimensionadas	118
Figura 81. Gráfico de Linhas de Balanço com a distribuição dos recursos da etapa “vedações”.	119
Figura 82. Gráfico de Linhas de Balanço com a distribuição dos recursos redimensionada	121
Figura 83. Fluxo de trabalho das atividades que compõem as “fundações”	122
Figura 84. Distribuição dos recursos e formação de células da etapa “fundações”	123
Figura 85. Representação da implantação das unidades habitacionais no condomínio e o direcionamento das células de trabalho	123
Figura 86. Gráfico de Linhas de balanço com a distribuição dos recursos dimensionados de acordo com os ritmos determinados pela pesquisa e o agrupamento das equipes para a formação das células de trabalho	125

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação entre os princípios de Womack e Jones (1998) e os de Koskela (1992)	59
Tabela 2. Níveis de planejamento e suas atividades	78
Tabela 3. Horizontes de planejamento e Ferramentas de aplicação	79
Tabela 4. Vantagens e Desvantagens no uso das principais técnicas	88
Tabela 5. Lista de atividades desenvolvidas na obra	101
Tabela 6. Sequência de montagem das vedações com fôrma plástica (Habitação – 47 m ² geminada)	104
Tabela 7. Cronograma de execução de vedações com fôrmas de plástico (Habitação – 58 m ²)	106
Tabela 8. Cronograma de execução de vedações com fôrma de alumínio (Habitação - 47 e 67 m ²)	106
Tabela 9. Planejamento das atividades – Microsoft Excel	107
Tabela 10. Planejamento semanal das atividades	108
Tabela 11. Cronograma de execução de atividades	108
Tabela 12. Cronograma de instalação de fôrro de gesso	109
Tabela 13. Atividades que compõem as fundações e seus tempos de execução	113
Tabela 14. Distribuição da mão de obra por serviço	116
Tabela 15. Distribuição da mão de obra e produtividade por serviço	117

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Sistema construtivo de painéis monolíticos moldados <i>in loco</i> . Vantagens e Desvantagens.....	53
Quadro 2. Exemplo de aplicação da “WBS” segundo Assumpção (1996)	73
Quadro 3. EAP – Estrutura Analítica de Projeto com a sequência de atividades executadas na construção de 1 (uma) unidade habitacional.	103

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 Justificativa	17
1.2 Apresentação do Problema.....	18
1.3 Objetivos.....	19
1.4 Metodologia de Pesquisa.....	20
1.5 Delimitações da Pesquisa.....	21
1.6 Estrutura do Trabalho	21
2. A EVOLUÇÃO DA MANUFATURA E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	23
2.1 A evolução dos processos produtivos	23
2.1.1 A evolução dos processos produtivos na construção civil	26
2.2 Processos Construtivos	28
2.2.1 Processo Artesanal	28
2.2.2 Processo Tradicional.....	28
2.2.3 Processo Racionalizado.....	29
2.2.4 Processo Industrializado	30
2.3 Construção civil X Manufatura	33
3. SISTEMA CONSTRUTIVO COM VEDAÇÕES EM CONCRETO ARMADO MOLDADAS <i>IN LOCO</i>	40
3.1 O sistema construtivo	40
3.2 Fundações	43
3.3 Vedações.....	44
3.4 Sistema de Cobertura	50
3.5 Acabamentos.....	51
4. PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO	54
4.1 Produção Enxuta	54
4.1.1 Breve histórico	54
4.2 <i>Lean Construction</i>	57
4.2.1 A redução da variabilidade.....	60
4.2.2 Padronização e o Aumento da transparência no processo	62
4.2.3 Fluxos da produção na construção	64
4.2.4 Fluxo contínuo	65

4.2.5 Células de produção	65
4.3 Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil	68
4.3.1 Dimensão horizontal	69
4.3.2 Dimensão vertical	71
4.3.3 Planejamento para aquisição de recursos.....	77
4.3.4 O responsável pelo planejamento	78
4.4 Aplicação de Técnicas e Ferramentas no Processo de PCP	79
4.4.1 Diagrama de barras	80
4.4.2 Técnicas de rede	81
4.4.3 Linhas de balanço.....	83
5. ESTUDO DE CASO	90
5.1 Metodologia do Estudo de Caso	90
5.2 Estudo de Caso	91
5.2.1 Descrição da empresa e caracterização da obra	91
5.2.2 Definição da tipologia habitacional analisada	93
5.2.3 Análise do processo produtivo	94
5.2.4 Coleta de dados.....	101
5.2.5 Descrição do Modelo de Planejamento adotado pela empresa.....	105
6. PROPOSTA DE MODELO DESENVOLVIDO COM A UTILIZAÇÃO DE CÉLULAS DE TRABALHO.....	111
6.1 Fundações	113
6.2 Vedações.....	119
6.3 Análise conjunta das etapas	125
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	128
7.1 Linhas de balanço e células de trabalho	128
7.2 Sugestões de trabalho futuros	132
8. REFERÊNCIAS	133
9. REFERÊNCIAS ICONOGRÁFICAS	139
APÊNDICES	140
ANEXOS	153

1. INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil tem vivenciado mudanças substanciais na economia, decorrentes de um avanço no mercado imobiliário como há muito tempo não visto, do intitulado *boom* imobiliário, para uma parcial recessão econômica causada por uma crise mundial.

Na tentativa de se adaptar às flutuações na concessão de crédito imobiliário para a construção de habitações, o setor da construção sente a necessidade de se adaptar às situações adversas do mercado, que estimulam as empresas a buscar melhores níveis de desempenho, despertando a atenção do setor para a importância do planejamento e controle da produção, uma vez que a função “produção” assume um papel determinante na competitividade entre as empresas de construção.

De acordo com Bernardes (2001), o planejamento e controle da produção (PCP) é um fator determinante que influencia diretamente o desempenho da produção de obras, essencial para as reduções das perdas, dos custos na obra e dos prazos de entrega dos empreendimentos, assim como também no aumento da produtividade nas construções.

A construção civil, como os demais setores industriais, tem dirigido seus processos produtivos para um patamar de excelência, visando atingir o mercado consumidor de forma competitiva. Ao selecionar as melhores práticas e produtos, o mercado passa a orientar sua produção de acordo com as necessidades dos usuários.

Corrêa e Corrêa (2007) comentam que empresas que colocam no mercado produtos melhores e de forma mais rápida do que a concorrência, atendendo ou superando as expectativas dos clientes, conseguem alavancar sua condição de competitividade.

Neste contexto, o setor da construção civil tem buscado assimilar conceitos, métodos e técnicas que conduzem à melhoria da gestão da produção em ambientes industriais com suas características particulares. Entretanto, conceitos de PCP utilizados na engenharia de produção e inseridos no ambiente construtivo nem sempre se adaptam às situações de produção que ocorrem na construção civil, dadas as peculiaridades características do setor, muitas vezes gerando sistemas inadequados e de baixa eficiência (ASSUMPÇÃO, 1996).

Formoso *et al.* (1999) acrescentam que o elevado grau de exigência por parte dos consumidores e o crescimento do mercado imobiliário na realização de empreendimentos, tem estimulado as empresas a investirem em gestão e tecnologia da produção.

Uma das razões para a dificuldade de implantação de métodos usados na manufatura refere-se à grande variabilidade de produtos, impondo limites à padronização de componentes, produtos e serviços. Meseguer (1991) ressaltava algumas características da indústria da construção civil que dificultam a transposição de conceitos e ferramentas aplicados em outras indústrias: a construção é uma indústria de caráter nômade; cria produtos únicos e não produtos seriados; a impossibilidade de aplicar uma produção em cadeia (produtos passando por operários fixos), e sim uma produção centralizada onde os operários se movem em torno de um produto fixo; indústria de caráter tradicional, resistente a mudanças; utiliza mão-de-obra intensiva, pouco qualificada e com remotas possibilidades de promoção, o que gera baixa motivação no trabalho; realiza seus trabalhos sobre intempéries; o produto é único, ou quase único, na vida do usuário; e na organização do trabalho, as responsabilidades são dispersas e pouco definidas.

Todavia, o desenvolvimento de conceitos de gestão da produção aplicados à construção civil vem se adequando às necessidades do setor com o paradigma da produção enxuta, dando origem ao termo – *Lean Construction* – ou traduzindo para o português - construção enxuta. Esta nova filosofia de produção, ainda que pouco disseminada, apresenta-se como uma solução adequada aos problemas do setor por meio da baixa utilização de tecnologias e automação, que são substituídas por soluções tecnológicas simples, baseadas no envolvimento da mão-de-obra.

Tendo como base os princípios da *Lean Construction* por meio da aplicação de soluções simples à organização da produção, esta pesquisa coloca a utilização de células produtivas como uma alternativa para o aperfeiçoamento e organização dos processos produtivos, pela constituição de células de trabalho como uma das formas de alcançar a organização dos fluxos de trabalho no ambiente produtivo.

A célula produtiva é entendida como um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em seqüência, processando as partes da produção em um fluxo contínuo (ROTHER e HARRIS, 2002). As discussões sobre o conceito de células produtivas podem ser analisadas em diversos trabalhos, e estão presentes na literatura pertinente a este tema como HYER e BRONW (1999); ROTHER e HARRIS (2002); SANTOS *et al.* (2002); PATUSSI e HEINECK (2006).

Dentro desta composição, o presente trabalho destaca a organização da célula produtiva considerando exclusivamente o “trabalho” realizado pelos operários, não sendo pertinentes aspectos relacionados à organização de máquinas e equipamentos ou métodos construtivos, enfatizando apenas a formação de células de trabalho especificamente no tocante a mão de obra utilizada na produção. Esta célula será

gerada a partir do entendimento e organização dos fluxos de trabalho realizados na construção de habitações, destacadas como objeto de estudo nesta pesquisa.

Para introduzir células de trabalho no processo de produção de uma empresa construtora, o processo de planejamento e controle da produção deve estar interligado à sustentação desta forma de organização e o envolvimento de todos os agentes pertencentes ao processo produtivo torna-se essencial para o sucesso dos empreendimentos.

Em suma, percebe-se que o processo de planejamento e controle da produção é extremamente importante para o desempenho da empresa de construção e que, na sua maioria, o mesmo não é conduzido de forma a explorar todas as suas potencialidades (BERNARDES, 2001).

1.1 Justificativa

O crescente interesse em analisar os processos que conduzem à melhoria da gestão da produção no setor da construção civil e o desenvolvimento de teorias, princípios e técnicas para atingir o mercado consumidor com maior qualidade e produtividade, tornou o tema *Lean Construction* alvo de intensa pesquisa na comunidade acadêmica, assim como também, intensificou sua aplicação prática por empresas interessadas na melhoria dos processos.

As empresas passam a produzir de acordo com as necessidades do mercado consumidor e o imperativo da competitividade passa a exigir um planejamento específico das atividades empresariais, principalmente dos processos produtivos, formulando objetivos quanto a custo, qualidade, prazos de entrega, flexibilidade e inovação, como elementos fundamentais à permanência das empresas no mercado.

Para que a organização da produção e sua execução aconteçam de forma eficiente, por meio da utilização de ferramentas e técnicas sugeridas por novas filosofias produtivas, como é o caso da *Lean Construction*, o planejamento e controle da produção em empresas de construção surgem como fator determinante para o sucesso de empreendimentos no setor.

No entanto, uma característica marcante da construção civil é a ineficácia do planejamento da produção por parte das construtoras. Este fato foi caracterizado por Laufer e Tucker (1987), que apontaram a separação entre concepção e produção, a falta de domínio técnico por parte da gerência de produção, a falta de dados reais sobre a produção e a ênfase na programação (Diagramas de Gantt) e no controle autoritário, como as principais causas.

A função da produção assume um papel decisivo no grau de competitividade entre as empresas de construção, tornando o processo de planejamento e controle da produção essencial para a redução das perdas, dos custos na obra e dos prazos de entrega dos empreendimentos, assim como também no aumento da qualidade e produtividade nas construções.

A falta de planejamento apresenta-se como um dos principais problemas da construção civil. Formoso *et al.* (1999) sugerem que as deficiências neste processo estão entre as principais causas de elevados índices de perdas, baixa produtividade e qualidade dos produtos.

Um dos fatores que impacta na produtividade das obras são as interrupções nos fluxos de trabalho, que podem ocorrer devido às variabilidades nos sistemas produtivos, à falta de sincronização entre processos e à falta de estabilidade nos processos de produção (BULHÕES; PICCHI; FOLCH, 2006).

Neste contexto, o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao processo de PCP e à organização dos processos produtivos torna-se de extrema relevância para o desenvolvimento do setor da construção civil.

1.2 Apresentação do Problema

Formoso (1999) afirma que carências de planejamento apresentam-se como um dos principais problemas da construção civil. Ballard e Howell (1996) apontam que isso decorre da restrição do planejamento à produção de orçamentos e programações, sendo interpretado apenas como o resultado da geração de planos.

Uma possível forma de auxiliar as empresas de construção a minimizar a incidência de perdas na produção é através do desenvolvimento de trabalhos que contemplem o processo de planejamento e controle da produção no setor, e de como introduzir procedimentos e melhorias no processo para atingir uma gestão eficaz.

Laufer e Tucker (1987) acrescentam que o planejamento e controle da produção são fundamentais para que seja alcançado êxito na coordenação entre os agentes envolvidos no empreendimento.

A partir da discussão apresentada, a presente pesquisa apresenta, a seguir, a problemática que envolve este objeto de pesquisa e os questionamentos que surgem a partir desta discussão:

- Como aperfeiçoar a utilização dos recursos no planejamento de empreendimentos em busca de maior produtividade e eficiência dos processos produtivos?

- Como organizar os fluxos de trabalho em obras de natureza repetitiva?

1.3 Objetivos

Mediante referencial teórico relacionado à *Lean Construction*, assimilando seus conceitos e ferramentas na aplicação prática do planejamento e controle da produção, a presente pesquisa utiliza este conhecimento para a elaboração de uma proposta de modelo a ser utilizado no planejamento operacional de obras repetitivas.

Portanto, baseada nos conceitos da *Lean Construction*, esta dissertação propõe a análise específica do processo produtivo de uma empresa construtora, na produção de habitações térreas, caracterizada pela padronização e repetição de atividades decorrentes da utilização do sistema construtivo de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco*, associado aos princípios que sustentam esta filosofia produtiva. Pretende-se sugerir uma proposta para o planejamento operacional de curto prazo, que defina os fluxos produtivos pela aplicação de ritmos constantes nas atividades mediante o nivelamento dos recursos envolvidos no processo produtivo.

Para tanto, almeja-se atingir os seguintes objetivos, geral e específicos:

Objetivo geral

- Desenvolver diretrizes para aplicação de um modelo de planejamento e controle da produção de um empreendimento executado com vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco* baseados na introdução de células de trabalho.

Objetivos específicos

- Determinar o tempo padrão de execução das atividades envolvidas na construção de uma unidade habitacional e identificar a seqüência das atividades, sua interdependência e eventuais gargalos da produção, utilizando as técnicas PERT/CPM;
- Nivelar a produção criando um modelo base para o sistema construtivo específico utilizado pela empresa pela técnica de Linhas de Balanço;
- Organizar as informações obtidas e elaborar um planejamento adequado à capacidade produtiva da obra criando um ambiente de produção em fluxo;
- Desenvolver um modelo de célula de trabalho para o empreendimento em estudo.

Serão utilizadas as técnicas de rede - que permitem a construção de modelos que operam com atividades inter-relacionadas, indicando a seqüência das atividades e o caminho crítico do projeto - e as linhas de balanço que retratam o ritmo de produção das atividades a serem executadas e o nivelamento dos recursos (ASSUMPÇÃO (1996); MENDES JR. (1999); BRANCO (2007)).

A utilização destas ferramentas será essencial para alcançar o nivelamento no processo produtivo, na intenção de atingir um ambiente de fluxo contínuo das atividades produtivas, beneficiando principalmente o processo de tomadas de decisão no canteiro de obras.

1.4 Metodologia de Pesquisa

A definição da metodologia pode ser determinada pelo objetivo que a pesquisa deseja alcançar. São várias as formas de classificar as pesquisas quanto à sua metodologia. De acordo com Silva e Menezes (2000), pode-se dividi-las em quatro classificações: quanto à natureza da pesquisa, quanto à abordagem do problema, quantos aos objetivos e aos procedimentos técnicos para desenvolvê-la.

Diante desta classificação, o presente trabalho está embasado em uma pesquisa de natureza aplicada, com uma abordagem qualitativa, constituindo-se quanto aos objetivos como uma pesquisa exploratória e descritiva, utilizando como procedimento técnico o estudo de caso.

Os procedimentos técnicos de pesquisa, para Silva e Menezes (2000) ou Estratégias de pesquisa. Para Yin (2005), são classificados em: pesquisa bibliográfica; pesquisa documental; pesquisa experimental; levantamento; estudo de caso; pesquisa *ex-post-facto*; pesquisação; pesquisa participante. Nesta dissertação, o estudo de caso é a estratégia de pesquisa utilizada sendo abordada com ênfase no **Capítulo 5**.

A escolha do estudo de caso se deu ao fato da necessidade de entendimento do processo de produção de habitações. Para isso, foi escolhido um condomínio habitacional tendo como característica a utilização de um sistema construtivo racionalizado (sistema construtivo com vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*) e a padronização de serviços como atributo diferencial ao objeto de estudo.

A coleta de dados ocorreu pela análise de uma tipologia habitacional selecionada pela pesquisadora no canteiro de obras do condomínio residencial. Na coleta foram utilizadas técnicas de observações diretas, registros fotográficos, entrevistas informais e aplicação de formulários elaborados pela pesquisadora, no intuito de esclarecer as questões levantadas durante o estudo. A consolidação dos

dados obtidos proporcionou o desenvolvimento da proposta de utilização de células produtivas no ambiente construtivo em questão.

1.5 Delimitações da Pesquisa

Este trabalho apresenta as seguintes delimitações:

- a) A proposta será voltada para o nível operacional (curto prazo) do processo de planejamento e controle da produção, no que diz respeito à alocação da mão-de-obra necessária para a execução das atividades na obra, não se atendo à distribuição de recursos, como máquinas e equipamentos;
- b) O modelo proposto será baseado em obras que utilizam o sistema construtivo com vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*, pela sua característica repetitiva, com a seqüência de serviços e organização do trabalho padronizado;
- c) A obtenção do fluxo contínuo das atividades produtivas será respaldada pela criação de células de trabalho com o intuito de criar pequenos lotes de produção, facilitando o controle do processo produtivo pelo fato de tratar-se de obras de grande porte.

1.6 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho apresenta uma introdução acerca do tema que será desenvolvido nesta dissertação, a justificativa da escolha do tema a ser abordado, como também, o contexto em que está inserido. A abordagem quanto ao problema levantado pela pesquisa e os objetivos, geral e específico, a que se propõe o estudo também são explorados. Posteriormente, expõem-se uma síntese da metodologia utilizada para a realização do trabalho, os métodos utilizados para a coleta de dados e as delimitações da pesquisa.

No Capítulo 2 são tratados aspectos relacionados à indústria da construção civil e sua evolução, no que diz respeito ao desenvolvimento dos processos construtivos. São apresentados os processos construtivos tradicionais, racionalizados e industrializados, com os respectivos conceitos e características.

Já no capítulo 3, a pesquisa direciona-se para a análise de processos construtivos racionalizados, especificamente aqueles que utilizam sistemas construtivos de vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*. Apresentam-se os conceitos, características e a seqüência de produção utilizada para a execução de habitações com o citado sistema, assim como também os componentes

necessários a sua produção. A padronização dos serviços, a racionalização e a produção em larga escala destacam-se como aspectos inerentes ao sistema.

O capítulo 4 apresenta o processo de planejamento e controle da produção e sua atuação no ambiente da construção civil. Primeiramente são introduzidos os conceitos de planejamento e controle, destacando a discussão sobre as dimensões e os níveis de planejamento, identificando formas de organização e distribuição dentro do ambiente organizacional, enfatizando os responsáveis pela coordenação do processo de PCP no ambiente da construção. Posteriormente, sustentando o processo de PCP, a filosofia produtiva da produção enxuta é adotada como base conceitual para esta pesquisa, apresentando conceitos relacionados à produção enxuta e sua adaptação as particularidades da construção civil com o termo - *Lean Construction* - que tem como alicerce o pensamento enxuto para a criação de fluxos contínuos no processo produtivo e o desenvolvimento de células produtivas para o ambiente construtivo. Ao final, atenta-se para o uso de técnicas e ferramentas, e suas possibilidades de aplicação no processo de planejamento e controle da produção na construção.

O capítulo 5 refere-se à formulação da estratégia de pesquisa. Apresenta-se o estudo de caso com estratégia de pesquisa, com uma descrição do objeto de estudo, expondo o processo de planejamento e controle da produção apresentado pela empresa estudada e informações sobre os métodos utilizados na coleta de dados.

O Capítulo 6 apresenta a proposta de planejamento e controle operacional recomendada pela pesquisa. Esta etapa do trabalho consiste em incorporar os elementos observados no estudo de caso para subsidiar uma proposta de redução da variabilidade no processo de produção através da alocação de recursos de mão de obra, capaz de proporcionar o fluxo contínuo de produção. Este capítulo aborda o desenvolvimento de células de trabalho como auxílio ao controle eficiente de obras, utilizando as técnicas PERT/CPM e Linhas de Balanço para nivelar o ritmo de execução das atividades e organizá-las de forma integrada em grupos de serviços que dão origem às células de trabalho. A proposta apresenta a organização dos serviços executados na obra e a configuração do modelo que expõe a forma de manipulação dos dados provenientes do estudo de caso, para alcançar a organização em fluxo contínuo de produção para a tipologia de obra utilizada nesta pesquisa.

O capítulo 7 sintetiza as considerações finais acerca dos objetivos alcançados com o desenvolvimento desta pesquisa e sugestões para futuros trabalhos relacionadas a esta área de pesquisa.

2. A EVOLUÇÃO DA MANUFATURA E SUA INFLUÊNCIA NO DESENVOLVIMENTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Este capítulo apresenta uma abordagem sobre a evolução dos processos produtivos na manufatura e sua relação com o desenvolvimento tecnológico empregado pela indústria da construção civil. Primeiramente, são evidenciados os aspectos relacionados aos sistemas produtivos como um todo e as inovações na forma de produzir, elaboradas de acordo com as necessidades impostas pelo homem ao longo do tempo, descrevendo a organização do trabalho e suas características em cada etapa da evolução, utilizando a indústria automobilística como exemplo. Sintetiza-se também a necessidade do homem em desenvolver novas técnicas e formas de produzir, na busca pela eficiência dos processos produtivos. Posteriormente, trata-se do processo de evolução produtiva da indústria da construção civil com destaque para a utilização de processos e sistemas construtivos ao longo do tempo e o avanço tecnológico do setor em função das mudanças na forma de produzir, advindas das necessidades impostas pelo mercado. Por fim, apresenta-se uma reflexão sobre a utilização das inovações tecnológicas pela manufatura e a posição da construção civil frente a esses avanços, realizando uma análise temporal do desenvolvimento tecnológico na construção civil e suas particularidades como indústria.

2.1 A evolução dos processos produtivos

Desde sua origem, o homem exerce a atividade de produção que leva à transformação de um bem tangível em outro com maior utilidade. Ao polir uma pedra utilizando uma ferramenta, transformando-a em um utensílio para seu uso, o homem pré-histórico estava executando uma atividade de produção (MARTINS; LAUGENI, 2005).

A organização da produção surge inicialmente com o sistema produtivo artesanal, o trabalho sob encomenda com especificações e prazos de entrega de acordo com o solicitado pelo cliente, onde o artesão criava bens de consumo de acesso restrito a poucos.

Com a Revolução Industrial, a produção artesanal dá lugar às fábricas onde são agrupados artesãos para manipular máquinas. Este novo modo de produzir cria uma série de exigências nos processos de fabricação, como a padronização dos produtos, o treinamento de funcionários, um sistema de organização e hierarquização

do trabalho, o desenvolvimento de técnicas de planejamento e controle financeiro e da produção, dentre outras formas de gerenciamento do sistema produtivo.

Segundo Fabrício (2007), o surgimento da tecnologia empregando a ciência moderna às técnicas e meios de produção através da elaboração de projetos, pressupõe um desenvolvimento intelectual e abstrato prévio à produção. Surge assim o registro por desenhos e croquis dos produtos e processos fabris, desenvolvendo a função de projeto do produto. Fazendo uma analogia com a evolução da arquitetura no mesmo período, surgem os desenhos geométricos e recursos de perspectivas que vêm antecipar as formas e materialidades (FABRÍCIO, 2007).

Com a tecnologia, a execução de um determinado produto é subordinada às soluções previamente desenvolvidas, passando a ser necessário saber fazer aquilo que foi projetado anteriormente e, na maioria dos casos, o “fazer” era executado por outros indivíduos. Surge assim, a divisão social do trabalho, com o trabalho intelectual sendo dissociado das atividades físicas (FABRÍCIO; MELHADO, 2002).

Na tentativa de entender as organizações do trabalho com a ampliação das técnicas de produção e da necessidade de produzir, surge a administração científica com os trabalhos de Frederick Taylor (1911), criando o conceito de produtividade, na busca por melhores práticas de trabalho e produção, com o objetivo de obter melhorias de produtividade com o menor custo possível.

Para Martins e Laugeni (2005), o termo produtividade foi utilizado pela primeira vez, de maneira formal, pelo economista francês Quesnay na publicação de um artigo em 1766; posteriormente em 1883, outro economista francês, Littré, usou o termo com o sentido de “capacidade de produzir”. Entretanto, somente no Século XX, o termo assumiu o significado da relação entre o produzido (*output*) e os recursos empregados para produzi-lo (*input*) (MARTINS;LAUGENI, 2005).

“Em 1950, a Comunidade Européia apresentou uma definição formal de produtividade como sendo – o quociente obtido pela divisão do produzido por um dos fatores de produção. Dessa forma, pode-se falar de produtividade do capital, das matérias-primas, da mão-de-obra e outros” (MARTINS; LAUGENI, 2005. P.13).

Com a necessidade de novos recursos produtivos e na busca pelo aumento da produtividade, alcançada de forma reduzida pela produção artesanal, Henry Ford em 1910, cria uma linha de montagem que vem a caracterizar a produção em massa de grande volume e produtos padronizados, revolucionando os processos produtivos já existentes.

“A grande façanha de Ford na primavera de 1913, em sua nova fábrica de Highland Park, em Detroit, foi a introdução da linha de montagem móvel, em que o carro era movimentado em direção ao trabalhador estacionário. Tal inovação diminuiu o ciclo de trabalho de 2,3 para 1,9 minutos. A diferença resultava do tempo economizado pelo trabalhador por ficar parado em vez de caminhar, e pelo ritmo mais acelerado de trabalho que a linha de montagem propiciava” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992. p.16).

Diante do avanço tecnológico e da necessidade de produzir em grandes quantidades, a manufatura, especificamente na indústria automobilística, se destaca como exemplo nítido da evolução dos processos produtivos. Observa-se que os sistemas produtivos desenvolvem um ciclo de vida próprio, visto que mudanças na demanda e no mercado exigem inovações na forma de produzir, tornando tecnologias antes inovadoras, obsoletas. O exemplo disso é a consolidação da produção em massa perante o sistema artesanal, que por sua vez, deu lugar ao desenvolvimento da produção enxuta, conferindo uma evolução à produção em massa.

“... novas idéias emergem de um conjunto de condições em que as velhas idéias parecem não funcionarem” (WOMACK; JONES; ROOS, 1992. p.7).

Dessa forma, a produção enxuta foi desenvolvida na década de 1950 no Japão pós-guerra, pela empresa fabricante Toyota, na produção de automóveis, e tendo como modelo de aplicação o Sistema Toyota de Produção (TPS) (KOSKELA, 1992). Esta filosofia de produção consiste em minimizar as quantidades de tudo o que se produz em comparação com a produção em massa. O contraste entre a produção enxuta e a artesanal e em massa destaca este sistema inovador e suas vantagens competitivas perante os outros métodos de produção concebidos pelo homem (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

No sistema artesanal são necessários trabalhadores altamente qualificados e ferramentas simples para produzir exatamente o que o consumidor deseja: unidades produzidas individualmente originando produtos personalizados, de alto custo e acesso restrito aos consumidores, sendo uma das razões para o desenvolvimento da produção em massa, tanto pela produção em quantidade, quanto por proporcionar o acesso dos consumidores aos produtos (WOMACK; JONES; ROOS, 1992), produzindo para atender as necessidades das massas populacionais.

No tocante à forma de produzir, a produção em massa utiliza profissionais qualificados para projetar produtos manufaturados por trabalhadores semi ou não qualificados, utilizando máquinas dispendiosas e especializadas em uma única tarefa, levando à mecanização do trabalhador e à alienação no que diz respeito à atividade produtiva (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

Diante desta caracterização da produção em massa, a manufatura permanece na busca por inovações na forma de produzir, que levam a produção enxuta a desenvolver uma combinação entre as vantagens da produção artesanal e em massa, evitando os altos custos da primeira e a rigidez desta última, empregando trabalhadores polivalentes em todos os níveis organizacionais e utilizando máquinas mais flexíveis e automatizadas, produzindo muitos produtos com grande variedade, deixando de lado a repetição do mesmo produto, proposta pela produção em massa (WOMACK; JONES; ROOS, 1992).

A utilização dessas inovações pela indústria automobilística é disseminada nos diversos setores industriais, no entanto, a indústria da construção civil se destaca como um setor que associa estas inovações de forma tardia, uma vez que seu desenvolvimento tecnológico se apresenta de forma diferenciada dos demais setores industriais. Este “atraso” tecnológico ocorre por diferentes motivos que tornam este setor industrial singular diante de suas características particulares. Para melhor entendimento o item 2.2 deste trabalho ressalta a evolução da atividade de construção e suas características ao longo do tempo.

2.1.1 A evolução dos processos produtivos na construção civil

Uma das atividades mais antigas do homem é a construção, tendo esta um papel importante para o desenvolvimento das civilizações. As edificações interferem na natureza de acordo com as transformações humanas e o seu modo de viver para atender as necessidades do homem, e são essas necessidades que impulsionam o homem a desenvolver novas técnicas construtivas. As necessidades humanas, associadas às experiências de execução de obra, contribuem para o aprimoramento das técnicas construtivas e dos materiais, que são indispensáveis à construção civil (FABRÍCIO; MELHADO, 2002).

Segundo Fabrício e Melhado (2002) as primeiras técnicas construtivas surgem da observação da natureza e suas estruturas para responder às necessidades humanas de abrigo, locomoção, etc.

Gama (1986) descreve a técnica aplicada à construção como uma atividade quase tão antiga quanto à humanidade, que pode ser entendida como um conjunto de

regras práticas para executar determinadas coisas, envolvendo a habilidade do executor, e transmitidas, verbalmente, pelo exemplo no uso das mãos, dos instrumentos e ferramentas e das máquinas.

Com a Revolução Industrial e o surgimento da ciência moderna associado às técnicas e meios de produção, desenvolve-se o conceito de tecnologia, que é definida por Gama (1986) como o estudo e conhecimento científico das operações técnicas ou da técnica. Para este autor, a tecnologia trata do estudo sistemático dos instrumentos, das ferramentas e das máquinas empregadas nos diversos ramos da técnica, dos gestos e dos tempos de trabalho e dos custos, dos materiais e da energia empregada.

Com a evolução das técnicas construtivas atreladas ao desenvolvimento da tecnologia, surgem os sistemas construtivos tendo como objetivo a eficiência dos processos construtivos.

Segundo Picarelli *et al.* (1992) *apud* Pereira (2005), sistema construtivo é o conjunto de materiais, elementos e componentes que são utilizados segundo determinadas interfaces de combinação, para concretizar o objetivo arquitetônico. Um sistema construtivo compõe-se de vários sistemas, e estes são formados por materiais, elementos e componentes.

A fundamentação teórica apresenta a diferenciação conceitual entre “processos construtivos” e “sistemas construtivos”. Segundo Sabbatini (1989), processo construtivo é um organizado e bem definido modo de se construir um edifício, caracterizando-se pelo seu conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício. O sistema construtivo, além de bem organizado e racionalizado, apresenta elevado nível de industrialização e de organização, sendo constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo (SABBATINI, 1989).

Para Martucci (1990), os processos construtivos estabelecem tipologicamente as tecnologias a serem aplicadas, fazendo com que, por sua vez, surjam nos projetos os “sistemas construtivos” e na produção sejam definidas famílias de processos de trabalho. Sendo assim, processo construtivo nada mais é do que o processo que define as formas e as capacidades técnicas e econômicas de se construir.

O termo sistema construtivo é comumente associado à industrialização das construções. No entanto, Martucci (1990) esclarece que um sistema construtivo é configurado por um conjunto articulado de elementos e subsistemas construtivos e das técnicas de construção associadas de forma a configurar um objeto arquitetônico, não especificamente de construções industrializadas.

2.2 Processos Construtivos

Considerando as proposições e caracterizações apresentadas por Martucci (1990), a seguir, será apresentada a classificação dos processos construtivos segundo seu estágio de desenvolvimento tecnológico e grau de industrialização e posteriormente estes conceitos são devidamente explicados. De acordo com Martucci (1990), os processos construtivos são classificados em cinco tipos: Artesanais, Tradicionais, Racionalizados, Pré-fabricados e Industrializados. Destaca-se também, as ponderações de Sabbatini (1989) especificamente quanto aos processos tradicionais, racionalizados e industrializados. Sendo assim, são considerados para fins deste trabalho quatro tipos de processos: artesanais, tradicionais, racionalizados e industrializados.

2.2.1 Processo Artesanal

Segundo Martucci (1990), os processos construtivos artesanais têm origem vernacular e são baseados na cultura de uma dada comunidade e no emprego de materiais naturais disponíveis localmente ou extraídos da natureza como areia, pedra, saibro, etc.; tem-se como exemplo desse tipo de processo a utilização da técnica da taipa de pilão utilizada na construção de habitações. Nestes casos, não há uma separação entre concepção e execução, como também é inexistente a formalização do projeto. As construções e a organização do trabalho coletivo, na maioria das vezes familiar, não são regidos por leis do mercado, descaracterizando uma produção capitalista.

2.2.2 Processo Tradicional

Os processos tradicionais são baseados na manufatura com uso de mão-de-obra assalariada e baixo grau de mecanização. Caracterizam-se pela separação entre projeto e execução, com projetos especializados de produto (arquitetura, estruturas, instalações, etc.).

Neste âmbito de produção, a falta de detalhamento dos projetos, principalmente no tocante à produção, levam a baixa produtividade, retrabalho e grandes desperdícios de materiais e componentes que são características do processo tradicional. Os projetos indicam apenas a forma final do edifício (projeto arquitetônico) ou as características tradicionais de elementos da edificação (projeto estrutural, de fundações, de instalações e outros), não apresentando os detalhes de

execução, nem estabelecendo prescrições relativas ao modo de executar e à sucessão das etapas de trabalho (FARAH, 1992).

Este processo é amplamente disseminado na prática construtiva, sendo utilizado por pessoas físicas, empresas e instituições, usando no sistema construtivo materiais produzidos pela indústria como cimento, aço, portas, dutos, canalizações, etc., e materiais extraídos da natureza como areia, pedra, saibro, etc.

Os processos de trabalho são baseados em técnicas artesanais, entretanto, há uma divisão do trabalho com a determinação de funções como os mestres, pedreiros, carpinteiros, encanadores, eletricitistas, etc. (FARAH, 1992).

São exemplos de construções que utilizam este processo: construções térreas em alvenaria de tijolos, com coberturas de madeira, telhas cerâmicas ou de amianto, caixilhos de chapa dobrada ou perfil metálico, pisos dos mais variados, desde os cerâmicos até cimentados, assim como também edifícios verticais com estrutura independente, de concreto armado, composta por pilares, vigas e lajes construídas “*in loco*”, com vedações externas e divisórias em tijolos cerâmicos ou blocos de concreto, caixilharia de chapas dobrada ou perfis metálicos, revestimentos em argamassas e azulejos (áreas molhadas), etc.

2.2.3 Processo Racionalizado

Racionalidade é entendida como: “Aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto capaz de satisfazer as necessidades dos usuários” (ROSSO, 1990).

De acordo com Rosso (1990), racionalizar a produção significa agir contra os desperdícios de materiais, da mão-de-obra e utilizar mais eficientemente o capital. Devem-se aplicar princípios de planejamento, organização e gestão, visando o aumento da produtividade do processo.

A partir da base técnica e industrial instalada busca-se utilizar técnicas organizacionais e de gestão para coordenar e racionalizar os projetos, planejando e controlando a produção para ampliar a construtibilidade dos projetos, expandir a produtividade e o controle de qualidade das obras e eliminar desperdícios (MARTUCCI, 1990).

Rodríguez e Heineck (2002) entendem que construtibilidade refere-se ao emprego adequado do conhecimento e da experiência técnica em vários níveis para racionalizar a execução de empreendimentos, enfatizando a relação entre as etapas de projeto e execução. Ressaltam ainda que a construtibilidade no projeto pode ser considerada como aplicação deste conhecimento e experiência durante o

desenvolvimento dos projetos, junto às diretrizes gerais que permitam racionalizar a execução de empreendimentos.

No processo racionalizado, a produção é baseada no uso intensivo de mão-de-obra; no entanto, equipamentos e ferramentas especializadas são utilizados de forma mais intensa, bem como treinamentos no próprio local de trabalho são mais frequentes (MARTUCCI, 1990).

Quanto aos sistemas construtivos, no processo racionalizado, os projetos são desenvolvidos com especificações técnicas mais elaboradas e direcionadas à execução, sendo um diferencial em relação ao processo tradicional, envolvendo detalhamentos tais como projetos para execução das fôrmas dos pilares, vigas e lajes de concreto, dentre outros. Surge assim a divisão de projeto do produto e projeto para produção (MARTUCCI, 1990).

Para exemplificar, Farah (1992) cita o emprego de elementos pré-moldados em canteiro e a utilização de *kits* hidráulicos e elétricos para a produção, como também a introdução de novos produtos e serviços que impliquem simplificação de determinadas atividades da obra.

Sintetizando o exposto sobre a racionalização, as condutas que direcionam os processos construtivos racionalizados resultam em um processo de trabalho mais produtivo e seguro, com maior controle da qualidade decorrente do treinamento da mão-de-obra e diminuição das perdas de materiais de construção.

Buscando racionalizar a construção civil e aperfeiçoar o seu processo de produção, surge a industrialização da construção, trazendo novos materiais e métodos construtivos.

2.2.4 Processo Industrializado

Na visão clássica apresentada por Bruna (1976), a industrialização é tida como racionalização do trabalho associada ao emprego generalizado de máquinas.

A industrialização é também associada à pré-fabricação, com a retirada de parte significativa do processo produtivo do canteiro para as usinas, caracterizando um ambiente controlado onde o processo produtivo pode se desenvolver de forma mais criteriosa quanto aos aspectos relacionados à qualidade dos produtos, e de acordo com os pressupostos tayloristas-fordistas de produção (MARTUCCI, 1990).

Segundo Koncz (1977) *apud* El Debs (2000), a pré-fabricação é um método industrial de construção em que os elementos fabricados, em grandes séries, por métodos de produção em massa, são montados na obra, mediante equipamentos e dispositivos de elevação. Segundo este mesmo autor, o elemento pré-fabricado é

aquele executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiro de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade.

Sabbatini (1989) considera que existem graus de industrialização, onde os processos com elevado grau são considerados industrializados e os de grau intermediário, como tradicionais racionalizados, racionalizados ou, até mesmo, semi-industrializados. Acrescenta ainda que no Brasil, a variabilidade de demanda característica do setor e a ausência de garantias de grandes séries de produção inviabilizaram os pesados investimentos em equipamento, instalações de usinas e centrais de produção necessárias à industrialização.

A produção industrializada na construção apresenta peculiaridades com relação aos demais setores industriais, relacionadas à complexidade do seu processo produtivo, caracterizados pela imobilidade do produto, grande número de componentes, carência de mão-de-obra especializada, entre outros aspectos que dificultam a organização da construção como atividade industrial (MESSENGER, 1991).

A industrialização dos componentes pode ser organizada de duas formas, sendo conceituada como industrialização de ciclo aberto ou fechado. A fabricação de elementos ou subsistemas construtivos destinados ao mercado, e não exclusivamente a necessidade de uma só empresa, caracteriza uma industrialização de ciclo aberto. Quando um determinado sistema construtivo não permite a intercambialidade dos elementos, ou seja, não é possível utilizar outros elementos além daqueles do sistema construtivo, diz-se que se trata de industrialização de ciclo fechado, na qual uma mesma empresa ou grupo de empresas executa em suas usinas o produto completo (BRUNA, 1976).

A alternativa encontrada para a otimização dos processos construtivos é a utilização de materiais pré-fabricados de concreto. Segundo Koncz (1977) *apud* El Debs (2000) "... pré-fabricação é um método industrial de construção em que os elementos fabricados, em grandes séries, por métodos de produção em massa, são montados na obra, mediante equipamentos e dispositivos de elevação". De acordo com a ABNT, por meio da NBR-9062/2001, o elemento pré-fabricado é aquele "... executado industrialmente, mesmo em instalações temporárias em canteiro de obra, sob condições rigorosas de controle de qualidade" (El Debs, 2000).

No tocante a elementos pré-fabricados em menor escala e com controle de qualidade menos rigoroso, podemos conceituar os materiais pré-moldados. Segundo El Debs (2000), a grosso modo, pode-se dizer que a pré-moldagem aplicada à produção em larga escala resulta na pré-fabricação, que por sua vez, é uma forma de buscar a industrialização da construção.

A racionalização da produção por meio de sistemas pré-fabricados viabiliza as construções em larga escala através da otimização do trabalho nos canteiros com a utilização de máquinas, que deslocam parte do processo produtivo do canteiro para fábricas ou locais de montagem (MARTUCCI, 1990). A utilização destes componentes pode ser viabilizada por meio de intervenções estatais para auxiliar na padronização dos elementos e da sua disponibilidade no mercado.

Conforme Ordonéz (1976) *apud* Serra *et al.* (2005) foi no período Pós-Segunda Guerra que realmente começou a história da pré-fabricação, principalmente na Europa, devido à necessidade de construir em larga escala, para suprir a devastação das habitações.

No Brasil, a preocupação com a racionalização e a industrialização aparece apenas no fim da década de 1950, devido ao grande crescimento da população urbana, e início da década de 1960, marcado especificamente pela criação do Banco Nacional da Habitação - BNH¹ em 1966, que fez despontar grandes investimentos estatais na busca por alternativas tecnológicas para a construção habitacional (VASCONCELOS, 2002).

O BNH financiou o desenvolvimento de alguns processos construtivos com elementos pré-fabricados, e a instalação de alguns canteiros experimentais, como Narandiba, na Bahia, em 1978; Carapicuíba VII, em São Paulo, 1980; e o Jardim São Paulo, em São Paulo, em 1981 (OLIVEIRA, 2002).

No entanto, o insucesso de construções que utilizaram em seus processos construtivos componentes pré-fabricados, em países da Europa no período Pós-Segunda Guerra Mundial e no Brasil com construções financiadas pelo BNH, levaram os pré-fabricados a extinção de uso, retornando apenas na década de 1990, devido principalmente ao desenvolvimento da cidade de São Paulo (SERRA *et al.*, 2005).

Para Oliveira (2001), a busca de alternativas tecnológicas deve considerar a ampliação do horizonte de compreensão dos processos produtivos, tendo em vista o aperfeiçoamento da atividade produtiva. Para se alcançar a industrialização de um processo, é necessário que ele passe por um amadurecimento, do qual ações evolutivas voltadas à racionalização e à qualidade são partes integrantes. Sabbatini (1989) defende a idéia de a racionalização constituir-se em uma ferramenta da industrialização.

Em suma, diante da caracterização da construção civil e seus estágios tecnológicos, com a descrição da evolução dos processos construtivos ao longo do

¹ O BNH – Banco Nacional da Habitação foi criado em 1966 pelo governo na tentativa de utilizar processos construtivos industrializados para construção de edifícios populares. No entanto, os edifícios produzidos apresentaram muitos problemas patológicos e funcionais vindo a ser demolidos (SERRA *et al.*, 2005) levando a exclusão desses processos construtivos do mercado por longo período.

tempo, observa-se que este setor apresenta-se cronologicamente com um déficit tecnológico quando comparado a outros setores industriais. Diante disso, será apresentada uma relação temporal da construção civil frente à indústria automobilística para permitir a visualização do grau de desenvolvimento em que o setor de construções se encontra no Brasil.

2.3 Construção civil X Manufatura

Segundo Lordsleem Jr. *et al.* (1998a), o desenvolvimento tecnológico na construção civil deve-se muito às inovações introduzidas na construção habitacional, servindo de base experimental para novos modos de se construir edificações.

De acordo com estes mesmos autores, no Brasil, a evolução da produção de edificações diferiu daquela ocorrida nos países industrializados. Fazendo um retrospecto histórico, Farah (1984) observa que o processo artesanal de construção perdurou no Brasil até meados do século XIX e se caracterizava pela aplicação de materiais predominantemente naturais (pedra, madeira e terra) em seu local definitivo de utilização, com uso intensivo de mão-de-obra, verificando-se especificamente a utilização da técnica de taipa de pilão para a produção de paredes maciças moldadas no local.

Na visão de Farah (1984), a segunda metade do século XIX e início do século XX marcaram a substituição do processo tradicionalmente utilizado pelo de alvenaria cerâmica. Segundo Vargas (1994) *apud* Serra (2005), com a produção dos primeiros materiais de construção industrializados, os tijolos, começou-se a substituir o processo artesanal da taipa nas construções das paredes das edificações.

Posteriormente, na década de 1950, com o surgimento da racionalização e industrialização das construções decorrentes das devastações da Segunda Guerra Mundial (1945), países da Europa passaram a utilizar elementos pré-fabricados em concreto na construção de habitações. No entanto, este tipo de construção passou a ser associada à uniformidade, monotonia e rigidez na arquitetura, características predominantes decorrentes da produção em massa de habitações. Sem a avaliação prévia de desempenho destes sistemas construtivos, ocorre o surgimento de patologias e acidentes envolvendo edifícios construídos com pré-fabricados (SERRA *et al.*, 2005).

Nos anos de 1980 houve um declínio dos sistemas pré-fabricados, caracterizando-se este período pela demolição de grandes conjuntos habitacionais, devido a rejeições sociais e à deteriorização funcional.

Com a extinção do BNH neste mesmo período, percebe-se um redirecionamento da política habitacional com uma nova postura no mercado de edificações. Observa-se a importação de novas tecnologias e o interesse crescente de construtoras e fabricantes de materiais pelos processos construtivos não-convencionais. As empresas iniciaram então, uma busca pela racionalização da produção de edifícios, por meio da otimização das atividades da obra, diminuição de prazos, minimização de custos, sem implicar na ruptura da base produtiva que caracteriza este subsetor (LORDESLEEM JUNIOR, *et al.*, 1998 b).

Segundo Serra *et al.*, 2005, esta mesma época é caracterizada pela consolidação de uma pré-fabricação de ciclo aberto, à base de componentes compatíveis, de origens diversas. Esta tendência surgiu na Europa com a proposta de uma pré-fabricação de componentes padronizados, os quais poderiam ser associados com produtos de outros fabricantes, onde a modularização e a padronização de componentes fornecem base para a compatibilidade entre os elementos e subsistemas (FERREIRA, 2003).

Neste contexto, a indústria da construção passa a adotar o projeto multifuncional, onde o uso otimizado de todos os componentes que formam o edifício deve ser maximizado, podendo conceituar-se este estágio pelo uso de sistemas de ciclo “flexibilizados”, que passa a entender não apenas os componentes como “abertos”, mas todo o sistema, onde o projeto deve se adequar a qualquer tipologia arquitetônica (SERRA, *et al.*, 2005).

Ferreira (2003) comenta que os sistemas flexibilizados na produção vão além da fábrica, com a possibilidade da produção de componentes em canteiro, dentro de um sistema com alto grau de controle e qualidade e de organização da produção, usando como exemplo os sistemas tipo *tilt-up*. O sistema *tilt-up* consiste na execução de paredes moldadas *in loco* sobre um piso de concreto. Estas paredes são moldadas horizontalmente (Figura 1), permitindo a introdução de portas, janelas, acabamentos de fachada, revestimentos e texturas diferenciadas durante a fabricação das mesmas. Após atingirem a resistência necessária para içamento (Figuras 2 e 3), as paredes são levantadas por guindastes e posicionadas sobre blocos de fundações previamente executados (Figura 4) (SERRA *et al.*, 2005).



Figura 1. Execução de painel horizontal
Fonte: Pereira, 2002.



Figura 2. Içamento do painel.
Fonte: Pereira, 2002



Figura 3. Içamento do painel e colocação no local definitivo.
Fonte: Pereira, 2002.



Figura 4. Colocação do painel para local definitivo.
Fonte: Pereira, 2002.

O sistema *tilt-up* é muito utilizado nas construções industriais, de *shopping centers*, hotéis, enfim, construções de grande porte, não sendo muito presente em construções habitacionais (PEREIRA, 2002).

No desenvolvimento de sistemas para construções habitacionais neste período destaca-se o sistema construtivo de painéis monolíticos moldados *in loco*, com o sistema *Outnord* de fôrmas metálicas; e os sistemas de fôrmas metálicas e de madeira *Geo-sistem* e *Preford* (COHABS..., 1977 *apud* LORDESLEEM JUNIOR, *et al.*, 1998a). Adentrando a década de 1980, consolidaram-se apenas a alvenaria estrutural e o sistema *Outnord*, por apresentarem maior potencial de avanço.

O primeiro registro da utilização deste sistema construtivo no Brasil foi em 1979, pela COHAB-MG na cidade de Santa Luzia –MG, na execução de 46 unidades habitacionais no Conjunto Habitacional Carreira Comprida, sendo utilizados fôrmas metálicas (alumínio) e concreto celular. O peso final do produto acabado foi

consideravelmente menor que o da alvenaria convencional, acarretando em economia nas fundações. As características consideradas importantes sobre o sistema foram a eliminação da atividade de quebras das paredes para instalações hidro-sanitárias e elétricas, além do bom desempenho em relação ao conforto térmico e acústico, em função das características do concreto celular, como também, a facilidade de instalação dos caixilhos (SACHT, 2008).

Outros relatos de utilização foram identificados nos anos de 1980 nas cidades de Natal (RN) e Manaus (AM) (ABCP, 2002). No início da década de 1990 foram construídos edifícios de múltiplos pavimentos utilizando este sistema em Manaus (AM) (SACHT, 2008).

Atualmente, algumas empresas atuam no mercado da construção com este sistema, dentre elas: a INPAR (São Paulo e Rio de Janeiro) e a SERGUS (Barueri-SP) que utilizam o sistema na construção de edifícios de multipavimentos (FIGURAS 5 e 6); a GETHAL (São Paulo) que executa habitações térreas e multipavimentos (Figura 7); a empresa americana OUTNORD (Flórida, EUA) que utiliza o sistema de fôrmas tipo túnel para habitações térreas e outros tipos de construção, não atuando no Brasil. As empresas IHL DO BRASIL, PRECISE FORMS (Missouri, EUA) e a FORSA FORMALETAS (Cali, CO) atuam na confecção de fôrmas para este sistema construtivo (Figura 8) (SACHT, 2008).



Figura 5. INPAR - Edifício multipavimentos, executado com fôrmas.

Fonte: INPAR, 2007.



Figura 6. SERGUS - Edifício multipavimentos, escoramento e posicionamento das fôrmas.

Fonte: IPT, 2007.



Figura 7. GETHAL - Sistema com formas de madeira para habitações térreas.
Fonte: GETHAL, 2006.



Figura 8. FORSA FORMALETAS – Montagem das fôrmas.
Fonte: FORSA FORMALETAS, 2007.

Este sistema tem se apresentado bastante presente e com uma perspectiva de aumento na escala de construções de habitações de interesse social. Desta forma, outras construtoras de destacam na adesão deste sistema como a RODOBENS (Figuras 9 e 10), a ROSSI e a BAIRRO NOVO, utilizando esta forma de produzir como uma alternativa para dar mais rapidez à execução da obra (TODESCHINI M.; BETTI, R., 2008; SACHT, 2008).

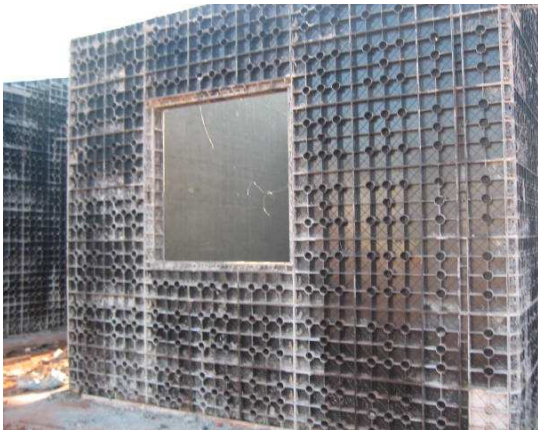


Figura 9. Construção de habitações térreas com fôrmas de plástico.
Fonte: RODOBENS, 2008



Figura 10. Vedações com fôrmas de plástico.
Fonte: RODOBENS, 2008

Considerando a utilização deste sistema de forma acentuada na construção de habitações e caracterizando-o como um sistema flexibilizado pela utilização de componentes padronizados que se integram ao processo construtivo de forma racionalizada, pode-se qualificar esta forma de produzir como um processo construtivo industrializado, uma vez que a utilização de elementos pré-moldados aplicados à produção em larga escala e a inserção de componentes que dão origem ao produto

final, determinando uma sequência produtiva que considera padrões de execução e a qualidade dos produtos, transformam o canteiro de obras em uma fábrica de habitações, caracterizando um processo de industrialização da construção.

A utilização de sistemas construtivos diferenciados e a tentativa de inovar a forma de produzir na construção civil destacam o interesse do setor em inserir tecnologias inovadoras para encaminhar o setor a um patamar de excelência produtiva que atenda às necessidades dos consumidores (clientes) de forma satisfatória.

Portanto, observa-se que a evolução tecnológica na construção civil apresenta-se associada ao desenvolvimento de outros setores industriais; no entanto, destacam-se algumas particularidades no tocante à inserção de inovações no ambiente produtivo. Deste modo, a Figura 11 apresenta a evolução dos processos produtivos na construção e sua relação com a indústria manufatureira com uma forma de visualizar em que estágio a indústria da construção se encontra, frente aos demais setores industriais.

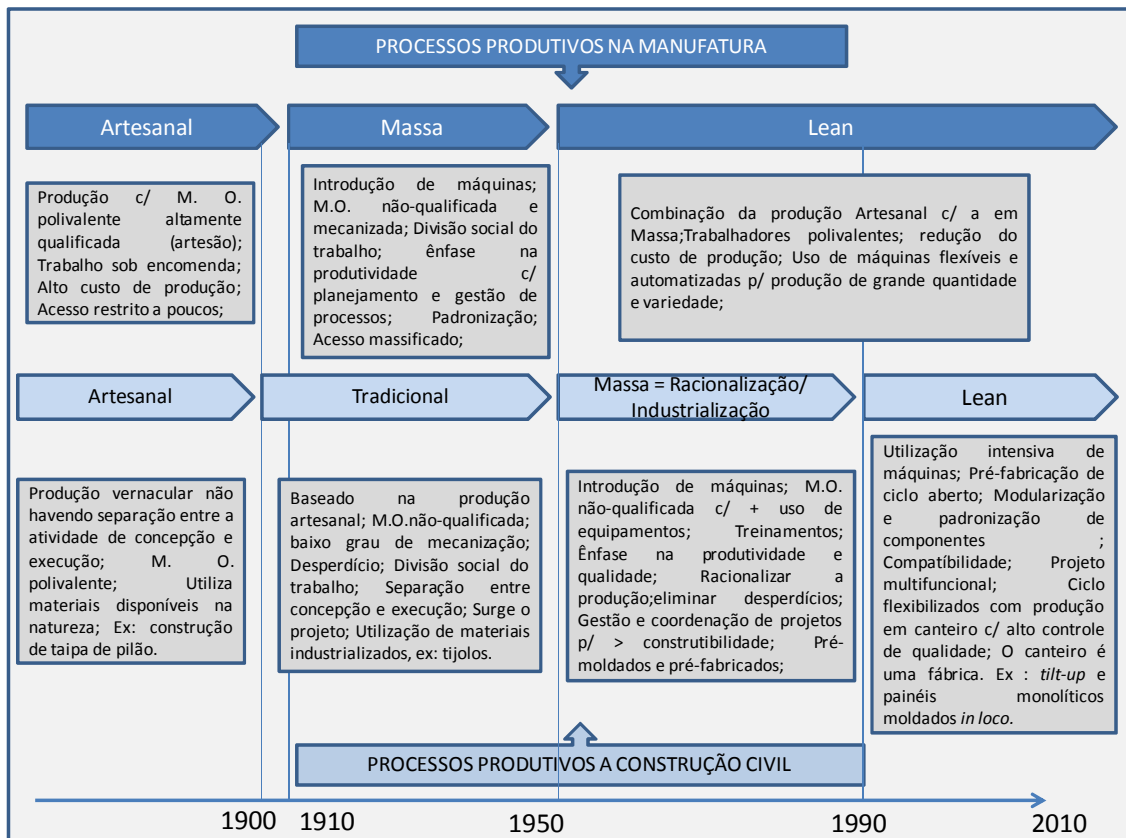


Figura 11. Relação temporal do avanço tecnológico da indústria automobilística (manufatura) frente à construção civil.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Visualizando a Figura 11, pode-se avaliar que a construção civil almeja inserir no ambiente produtivo, mesmo que de forma tardia, princípios da manufatura como uma forma de atingir maior eficiência no processo produtivo, através a adoção de sistemas flexibilizados de produção e pela organização da produção com ênfase no alto controle da qualidade, transformando o canteiro de obras antes visto como um espaço desorganizado e caracterizado por perdas nos diversos tipos de recursos envolvidos na atividade produtiva, em um ambiente planejado e controlado, com ênfase na produtividade dos operários e máquinas visando produtos de alta qualidade para atender as necessidades da demanda e do mercado.

Tendo em vista este cenário atual em que se encontra o setor da construção civil, a presente pesquisa expõe a seguir uma abordagem acerca da utilização de processos construtivos racionalizados na construção de empreendimentos em larga escala com edificações térreas e multi-pavimentos. Destaca-se o emprego do *sistema construtivo com vedações verticais de concreto armado moldadas in loco*, como uma alternativa para alcançar maior eficiência produtiva na construção de habitações. Para tanto, a caracterização deste sistema e os conceitos a respeito do mesmo serão detalhados na seção subsequente, respaldando o desenvolvimento desta pesquisa.

3. SISTEMA CONSTRUTIVO COM VEDAÇÕES VERTICAIS EM CONCRETO ARMADO MOLDADOS *IN LOCO*

Este capítulo tem como objetivo expor os conceitos e as características do sistema construtivo com vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco* e identificar suas vantagens de utilização, justificadas pelo avanço na utilização do mesmo para construções habitacionais, como alternativa para a eficiência dos processos de produção na construção.

3.1 O sistema construtivo

Os sistemas construtivos representam, dentro do quadro da construção de edificações, um determinado estágio tecnológico, que induz a forma de executar as construções, ou seja, sintetizam o conjunto de conhecimentos técnicos e organizacionais possíveis de serem combinados. Este estágio acompanha o grau de desenvolvimento tecnológico em que se encontram a indústria de materiais de construção e a indústria de máquinas, equipamentos e ferramentas para a construção civil. Os Sistemas construtivos podem ser subdivididos em vários subsistemas, os quais são definidos segundo suas características e funções técnicas em relação ao edifício como um todo. É necessário, ao iniciar a elaboração do projeto de uma edificação habitacional, ter em mente a infinidade de situações possíveis de serem propostas em termos de sistemas construtivos (MARTUCCI, 1999).

Determinar o sistema construtivo a ser utilizado por uma empresa ou para um empreendimento específico implica em considerar aspectos individuais das organizações, como também identificar as necessidades de recursos, mão-de-obra e investimentos para a implantação de novas formas de produzir.

Nos últimos anos, o setor da construção civil assistiu a uma elevação expressiva da oferta de recursos para financiamento habitacional, mas a despeito dessa oferta, a carência de moradia permanece alta. O grande contingente de pessoas, associado ao déficit habitacional, aliado à escassez de renda, mantém a habitação como um dos grandes desafios a serem sanados pelas empresas construtoras, assim como também pelo poder público.

Com o intuito de atender as necessidades do mercado, empresas construtoras buscam por alternativas tecnológicas para suprir a necessidade de produção em larga escala e a implantação de sistemas racionalizados no desenvolvimento de projetos para a produção de edificações, portanto, o sistema de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco* confere uma alternativa ao setor.

Esta tipologia construtiva teve início na Europa durante o término da II Guerra Mundial, com as construções com formas tipo túnel, que executavam simultaneamente paredes e laje.

A necessidade de reconstrução das cidades destruídas pela guerra e o déficit de moradias requeriam um sistema construtivo rápido, eficiente e em grande escala, para suprir a demanda por habitação. A evolução tecnológica deste sistema viabilizou habitações com baixo custo e níveis satisfatórios de desempenho.

A definição do painel monolítico moldado *in loco* pode ser considerada como um elemento do subsistema de vedação vertical de formato laminar, moldado no local de definitiva utilização. Caracteriza-se também por ser monolítico, pois quando solicitado, tem capacidade de distribuir os esforços por toda a parede, além da sua continuidade pela ausência de juntas de dilatação aparentes (LORDSLEEM JUNIOR *et al.*, 1998b).

O sistema construtivo utilizando vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco* é utilizado no Brasil desde os anos de 1980 e oferece ao setor da construção civil uma excelente possibilidade de racionalização do sistema de produção de habitações de interesse social, sendo caracterizado por alta produtividade e pelo baixo índice de perdas. Neste sistema construtivo as vedações de concreto armado, que possuem também função estrutural, são moldadas *in loco* utilizando fôrma dupla e podem incorporar, durante o processo de produção, parte das instalações dos sistemas prediais e esquadrias (SACHT, 2008).

Segundo Rossignolo e Ferrari (2006), em linhas gerais, esta técnica pode ser descrita como um sistema construtivo em que as vedações das edificações, também com função estrutural, com espessura entre 8 e 12 cm, são executadas no local de utilização empregando o concreto armado, com as esquadrias e parte dos sistemas elétrico e hidráulico já posicionados no local de utilização no interior da fôrma.

Ressalta-se que em alguns casos, as esquadrias não são anexadas juntamente com as fôrmas, podendo ser deixados os vãos para a instalação posterior, uma vez que o projeto das fôrmas antecipe a locação dos vazios para a instalação das esquadrias.

Além disso, o sistema permite a criação de uma linha de produção na construção, que proporciona velocidade de execução através de uma sequência de montagem tecnologicamente inovadora, reduzindo as etapas de trabalho e assegurando qualidade do produto. Este sistema ainda tem se mostrado uma alternativa interessante para o gerenciamento e acompanhamento de obras, com uma produtividade elevada em relação às construções convencionais, principalmente pelo fato de eliminar etapas no processo de execução, pela utilização das fôrmas.

A utilização desse sistema construtivo é adotada por diversas empresas que atuam tanto na construção de edifícios de multipavimentos como também de unidades habitacionais térreas, conforme ilustrado nas Figuras (12 e 13).



Figura 12. INPAR – Sistema de fôrmas na execução de edifício multipavimentos, escoramento e posicionamento das fôrmas.
Fonte: SACT, 2008.



Figura 13. Habitações térreas executadas com sistema de fôrmas metálicas.
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.

Neste trabalho será abordado especificamente o processo de construção de habitações térreas utilizando o sistema construtivo com vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*.

O processo de montagem das edificações que utilizam este sistema pode ser caracterizado como um processo de produção em massa, pela formação de uma linha de montagem de produtos padronizados para atender a necessidade de produção em larga escala. O sistema apresenta uma sequência de montagem dos componentes e serviços bem definidos que determinam etapas de execução subsequentes e dependentes entre si, ou seja, a construção é feita de forma sequenciada onde a finalização de uma fase da construção é fundamental para o início da próxima fase do sistema.

A escolha por este tipo de processo deve ser subsidiada por um grande volume de produção que justifique o investimento na compra das fôrmas e no treinamento da mão-de-obra especializada na montagem dos painéis.

Para detalhar as fases de montagem de uma habitação utilizando o sistema acima citado, segue uma especificação dos sub-processos que constituem o sistema.

As etapas de construção de habitações utilizando o sistema construtivo com vedações verticais em concreto moldadas *in loco* pode ser organizado da seguinte forma:

- Preparação do terreno e infra-estrutura necessária à obra;
- Execução da fundação radier deixando acesso para as instalações prediais;

- Instalação das armaduras da fundação juntamente com partes dos sistemas elétrico e hidráulico;
- Execução da concretagem do radier;
- Montagem das fôrmas (vedações);
- Inserção das armaduras das paredes, caixilhos e partes dos sistemas prediais (essa etapa pode ser diferenciada de acordo com a tipologia de fôrmas);
- Lançamento do concreto no interior das fôrmas e tempo de cura do concreto;
- Retirada das fôrmas;
- Sistema de cobertura;
- Componentes de acabamento (laje, gesso, pintura, revestimento e piso cerâmico, esquadrias e bancadas).

As etapas de construção anteriormente descritas podem seguir ordens diversas de montagem de acordo com o tipo de fôrma a ser utilizada, e a execução do processo produtivo pode diferenciar de acordo com o tipo de material que compõe as fôrmas. Atualmente estão disponíveis no mercado sistemas de fôrmas tipo túnel com painéis metálicos; o tipo mesa/parede e o tipo parede, ambas podendo se apresentar como metálicas ou mistas (metálica e madeira).

No sistema de fôrmas tipo túnel ocorre a execução simultânea de paredes e lajes; no sistema tipo mesa/parede ocorre a execução das lajes numa fase posterior à das paredes e no sistema tipo parede ocorre somente a execução de paredes (LORDSLEEM JUNIOR, *et al.*, 1998 b). A seguir serão especificados os sub-processos de montagem referidos anteriormente.

3.2 Fundações

A escolha do tipo de fundação a ser utilizado em uma obra é decorrente de suas características. O tipo de solo onde será construída a edificação deve ser analisado, assim como também fatores de menor custo e menor prazo de execução, levando-se em consideração escavações e serviços de terraplanagem a serem realizados, que podem viabilizar ou desconsiderar certas alternativas de fundações.

No sistema construtivo de vedações verticais de concreto moldadas *in loco*, a estrutura de fundação é normalmente do tipo radier para as habitações térreas, podendo variar de acordo com o terreno de implantação. A fundação tipo radier proporciona uma base de trabalho apropriada para as ações das equipes de montagem das fôrmas e instalações, além de permitir o posicionamento das instalações de entrada e saída pelo piso, tais como as redes de esgoto (ABCP, 2002).

As fundações em radier são executadas com fôrmas de contenção lateral, com a implantação de lonas plásticas para isolar o concreto do contato com o solo, como também pela utilização de armaduras em aço para garantir maior resistência à fundação com relação a esforços externos, conforme ilustra as Figuras 14 e 15:



Figura 14. Detalhe da armadura e ponto de tubulação.

Fonte: ROSIGNOLO, 2006.



Figura 15. Detalhe do radier concretado com instalações.

Fonte: ROSSIGNOLO, 2006.

Após a cura do concreto da fundação são instaladas as cantoneiras, que tem como função delimitar o local de montagem dos painéis das paredes, conforme especificado no projeto arquitetônico. A colocação destas peças é fundamental para garantir o fechamento dos painéis em esquadro perfeito. (Figuras 16 e 17).



Figura 16. Detalhe das cantoneiras
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 17. Detalhe da armadura nas cantoneiras
Fonte: BEZERRA, 2008.

3.3 Vedações

Nas vedações, as armaduras de aço desempenham a função de resistir às tensões iniciais geradas pela retração do concreto, provocada pela perda de água nas primeiras idades, além de servir também para resistir a esforços de flexo-torção nas paredes, por ações externas e esforços devidos à variação da temperatura externa

(ABCP, 2002). Oliveira (2002) sustenta que a armadura tem a finalidade de inibir superficialmente o aparecimento de micro-fissuras na superfície das paredes, trabalhando também como elemento de prevenção além de estrutural, sendo seu uso essencial para evitar a progressão de eventuais fissuras.

No processo de montagem da habitação, após a colocação das armaduras são instalados parte dos sistemas elétricos e hidráulicos, conforme ilustram as Figuras 18 e 19.



Figura 18. Detalhe instalações elétricas
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 19. Detalhe das instalações hidráulicas
Fonte: BEZERRA, 2008.

As instalações são compostas normalmente por tubos de PVC com dimensões diversas, de acordo com os critérios de projeto.

As instalações elétricas e hidráulicas em construções convencionais, na sua maioria, são instaladas após a finalização da alvenaria, que precisa ser retalhada nos locais de passagem das instalações e posteriormente fechadas, caracterizando desperdício de material e re-trabalho. No entanto, o sistema de vedações utilizando fôrmas, proporciona a execução antecipada das instalações, eliminando a atividade de reconstrução da alvenaria como ocorre na construção convencional, sendo este um diferencial do sistema.

A seqüência de execução das instalações pode distinguir-se de acordo com a organização dos serviços na obra, executadas antecipadamente ou simultaneamente à montagem das fôrmas, diferindo também, conforme o sistema de fôrmas utilizado na execução e o tipo de material empregado no processo de produção.

A tecnologia de produção e a seqüência de montagem deste sistema construtivo dependem do tipo de fôrma empregado, sendo que, no mercado, estão disponíveis os sistemas de fôrmas tipo túnel com fôrmas metálicas; o tipo mesa/parede e o tipo parede (SACHT, 2008).

Estes quatro sistemas de fôrmas diferem quanto à composição de materiais, sendo eles:

- **Sistemas de fôrmas de madeira tradicional e racionalizado (mesa/parede ou parede):** os elementos constituintes das fôrmas (molde, estrutura do molde, escoramento e acessórios) são compostos por peças de madeira, montados e desmontados individualmente, ocasionando um grande consumo e desperdício de material e mão-de-obra. No sistema racionalizado também ocorre o uso de madeira, porém existe a preocupação com a criação de módulos e ciclos de utilização, o que resulta em maior produtividade (LORDSLEEM JUNIOR, *et al.*, 1998 a);
- **Sistema de fôrmas metálicas:** esta tipologia apresenta-se com componentes metálicos que tornam as fôrmas mais resistentes e incrementa o número de usos dos painéis, racionalizando a utilização de fôrmas. Atualmente, são utilizadas fôrmas de aço ou alumínio, que apresentam vantagens como rapidez na montagem; no entanto o custo desse tipo de fôrma é superior às demais (Figura 20).



Figura 20. Sistema de fôrmas metálicas - Santa Maria da Serra-SP
Fonte: ROSSIGNOLO, 2006.

- **Sistema de fôrmas mistas:** neste sistema o molde é composto por chapas de madeira compensada, enquanto sua estrutura incorpora componentes metálicos; estes componentes definem um módulo, com dimensões tais que permitem o reaproveitamento ou a reforma dos painéis, proporcionando maior durabilidade (Figura 21).



Figura 21. Sistemas de fôrmas mistas com madeira e alumínio.
Fonte: GETHAL, 2005.

- Sistema de fôrmas de plástico:** as fôrmas são compostas por material plástico em módulos que podem ser substituídos periodicamente auxiliando no reuso das fôrmas, caracterizando uma forma de racionalização dos painéis. O sistema de encaixe dos painéis é feito por “grampos” do mesmo material. A utilização do material plástico na composição das fôrmas torna o sistema um investimento mais viável. No entanto, nesta tipologia, a montagem dos painéis é mais longa, atribuída a uma considerável quantidade de escoramentos que garantam a locação das fôrmas e previnam possíveis movimentos, o que torna a montagem mais lenta podendo comprometer a produtividade proposta pelo sistema (detalhe ilustrado pelas Figuras 22 e 23).



Figura 22. Sistemas de fôrmas de plástico - Mont Mor-SP.
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.



Figura 23. Detalhe dos grampos utilizados para encaixe – Mont Mor-SP.
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.

As fôrmas podem ser ainda classificadas, de acordo com seu peso, como leves (transportáveis sem equipamento por um ou dois operários) ou pesadas (necessitam de equipamento para serem transportadas). Esta classificação é importante para o planejamento das operações de montagem e escolha do sistema de fôrmas. Em função do material com os quais são constituídas, as paredes monolíticas moldadas *in*

loco podem ser de solo não-estabilizado, de solo-cimento, de concreto tradicional, de concreto com agregados leves, de concreto celular ou argamassa celular (LORDSLEEM JUNIOR, *et al.*, 1998 a).

Os painéis verticais de vedação geralmente possuem função estrutural e são executados no local utilizando concreto armado. Neste sistema construtivo, todos os painéis de uma edificação são produzidos de uma só vez e apresentam geralmente espessura variando entre 8 e 12 cm. As aberturas de portas são mantidas para permitir a circulação dos operários durante a execução da montagem das formas. Os módulos das formas para o sistema convencional são produzidos de modo que possam ser carregados por uma ou duas pessoas e são fixados de acordo com as exigências do projeto (ABCP, 2002). No caso da forma tipo túnel, existe a necessidade de grua tanto para a movimentação das fôrmas do concreto como de outros insumos (SACHT, 2008).

A descrição da seqüência de montagem do sistema construtivo aqui apresentado terá como enfoque a utilização de fôrmas de plástico no processo produtivo, por tratar-se do mesmo processo abordado no estudo de caso objeto de estudo desta pesquisa.

Inicia-se a montagem das fôrmas sendo alocados primeiramente os painéis internos, com o auxílio de espaçadores para garantir o posicionamento das armaduras, conforme mostra a Figura 24. As esquadrias podem ser fixadas previamente por meio da colocação de contramarcos pré-fabricados em madeira, aço ou concreto, diretamente no interior das fôrmas, e encaixe das esquadrias após desfôrma, conforme detalhe ilustrado na Figura 25 (ABCP, 2002).



Figura 24. Detalhe da colocação do painel com espaçadores. Mont Mor – SP.
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.



Figura 25. Detalhe do contramarco para esquadrias. Analândia - SP
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.

As esquadrias podem ser de madeira ou metálicas e sua estrutura deve resistir aos esforços da concretagem por meio de sua rigidez ou de contraventamentos que são removidos após desmoldagem (SACHT, 2008).

Após o fechamento da fôrma com os painéis externos, são montados andaimes para auxiliar na concretagem das vedações, conforme ilustrado na Figura 26. Normalmente, o lançamento do concreto nas fôrmas pode ser feito utilizando caçambas içadas por guindastes (Figuras 27 e 28) ou utilizando bombeamento, como mostra a Figura 29 (SACHT, 2008).



Figura 26. Concretagem auxiliada por andaimes – São José do Rio Preto-SP.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 27. Guindaste utilizado na concretagem. Monte Mor-SP
Fonte: ROSSIGNOLO, 2006.



Figura 28. Detalhe da concretagem com auxílio de guindaste - Monte Mor-SP
Fonte: ROSSIGNOLO, 2006.

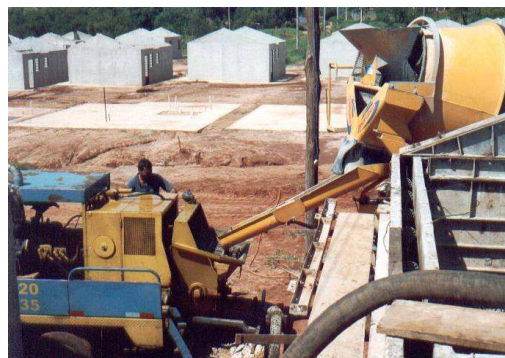


Figura 29. Concretagem por bombeamento. Analândia-SP
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.

A concretagem pode ser realizada com diversos tipos de concreto. O concreto tradicional geralmente é utilizado para edifícios de múltiplos pavimentos enquanto o concreto leve celular é utilizado para edificações térreas. Para a utilização neste sistema construtivo, o concreto deve apresentar trabalhabilidade adequada para moldagem (abatimento do tronco-de-cone geralmente acima de 150 mm); resistência à compressão entre 8 e 12 horas acima de 1,0 MPa possibilitando a desforma sem

causar danos aos painéis; resistência à compressão aos 28 dias, de acordo com projeto estrutural e com o ambiente de exposição; assim como deve apresentar durabilidade em conformidade com o tempo de vida útil de projeto (SACHT, 2008).

Ao cumprir o tempo de cura do concreto, as fôrmas são retiradas e obtêm-se um resultado de acabamento satisfatório, que dependendo das especificações do projeto, dispensa serviços como, por exemplo, a regularização das vedações pela aplicação de argamassa.

O sistema tem como indicador a racionalização do processo, uma vez que elimina etapas de serviços como o emboço de paredes, assim como, retrabalhos relacionados ao corte da alvenaria para inserção das instalações elétricas e hidráulicas, necessários em sistemas construtivos tradicionais.

Com a retirada das fôrmas, as vedações da habitação estão concluídas com parte das instalações elétricas e hidráulicas já embutidas e prontas para receber o acabamento desejado e especificado em projeto, como demonstram as Figuras 30 e 31.



Figura 30. Retirada das Fôrmas após concretagem
– Santa Maria da Serra – SP.
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.



Figura 31. Vedações finalizadas prontas para
receber esquadrias e acabamentos – São José do
Rio Preto – SP.
Fonte: BEZERRA, 2008.

3.4 Sistema de Cobertura

A estrutura de cobertura nas habitações térreas podem se apresentar com componentes em madeira, pré-fabricados e metálicas, utilizando telhas de concreto, cerâmicas ou metálicas; alguns processo como os pré-fabricados podem acelerar o processo de execução nessa etapa. Seguem-se alguns exemplos nas Figuras 32 e 33.



Figura 32. Detalhe do telhado em madeira com telhas cerâmicas. Analândia-SP.
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.



Figura 33. Detalhe do telhado com estrutura metálica.
Fonte: BEZERRA, 2008.

Este sistema também proporciona a utilização de lajes normalmente empregadas nos sistemas tradicionais, como a laje mista (vigas pré-fabricadas de concreto com elementos de enchimento (cerâmico ou EPS) e com revestimento de concreto, ou a laje pré-fabricada de concreto. As lajes quando do tipo inclinadas, possibilitam a aplicação das telhas diretamente sobre as ripas fixadas nas lajes, possibilitando, desta forma, a redução da estrutura do telhado (SACHT, 2008).

No entanto, em muitos casos, as construções dispensam as lajes por questões de custo e adicionam o forro de gesso para proporcionar um efeito estético.

3.5 Acabamentos

Com as vedações da habitação concluídas o acabamento é realizado de acordo com o especificado em projeto. No entanto, como mencionado anteriormente, o nível de acabamento adquirido com a utilização das fôrmas dispensa serviços como pintura e revestimentos. As Figuras 34 e 35 ilustram as habitações concluídas.

Entretanto, para agregar mais valor ao produto, as empresas de construção incorporam serviços adicionais, valorizando esteticamente as edificações com a aplicação de revestimento cerâmico em todos os cômodos, pintura interna e externa com texturas, esquadrias de alumínio, detalhes nas fachadas, enfim, diversos são os serviços agregados que tornam habitações simples mais atrativas ao cliente/usuário.



Figura 34. Habitação concluída em Monte Mor-SP
Fonte: ROSSIGNOLO, 2005.



Figura 35. Habitação concluída em São José do
Rio Preto – SP.
Fonte: BEZERRA, 2008.

As informações obtidas pela revisão bibliográfica referente ao sistema construtivo com paredes monolíticas de concreto armado moldadas *in loco* descrevem uma alternativa oferecida ao setor da construção civil na otimização do tempo de execução, organização e planejamento das etapas construtivas. O sistema confere uma excelente possibilidade de racionalização da produção de habitações caracterizando um sistema de produção em massa, onde os serviços são padronizados, assim como também o produto, oferecendo formas de diferenciação das habitações com modificações referentes ao *lay-out* das plantas, habitações de áreas diferentes, opções de tipologias que acrescentam algumas etapas ao processo produtivo. No entanto, estas modificações apresentaram-se muito pontuais, não alterando a sistematização da produção.

Sintetizando o que foi abordado pelo levantamento bibliográfico, o Quadro 1 contempla as vantagens e desvantagens do referido sistema e os pontos a serem avaliados quanto à utilização do mesmo.

Portanto, estas recomendações consideram a influência da organização do trabalho no sucesso da obra, fazendo da gestão da produção aspecto fundamental para a utilização do sistema construtivo. Por este motivo no próximo capítulo será apresentada uma discussão sobre os conceitos, características e formas de organização do planejamento e controle da produção e como este processo ocorre no ambiente produtivo da construção civil. Esta abordagem servirá de base conceitual para a proposta apresentada por esta dissertação, que tem como objetivo aperfeiçoar a execução de obras que utilizam em seu sistema construtivo vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*.

Quadro 1 - Sistema construtivo de painéis monolíticos moldados *in loco*. Vantagens e Desvantagens.
Fonte: Sacht (2008)

VANTAGENS	DESVANTAGENS
<p>Racionalização da produção das vedações, com alta produtividade, baixo índice de perdas e mão-de-obra reduzida;</p> <p>Ocorre o aumento da produtividade, devido à existência de uma sequência definida de tarefas (locação, montagem das fôrmas, posicionamento das instalações, fixação dos negativos das esquadrias, com possibilidade dos batentes na própria fôrma, resultando na redução do custo global da obra);</p> <p>Aumento da qualidade tanto nos serviços de execução quanto no acabamento superficial (final da parede);</p> <p>As fôrmas são reutilizáveis e cada conjunto produz os painéis de vedação de uma habitação em 24 horas, podendo incluir a laje na cobertura;</p> <p>Existe por meio do sistema a possibilidade da vedação exercer função estrutural, onde as paredes são adotadas para distribuir o carregamento;</p> <p>A uniformidade da parede que permite a utilização de revestimento de pequena espessura, sem necessidade de regularização, ou mesmo a eliminação do revestimento de regularização, como argamassas e pastas, antes da aplicação da pintura;</p> <p>As atividades independem da habilidade do operário, não exigindo qualificação, apenas treinamento. O consumo de mão-de-obra é reduzido quando comparado ao processo construtivo tradicional;</p> <p>Existe uma sequência ordenada de trabalho, que permite uma simplificação das tarefas;</p> <p>O emprego deste sistema construtivo exige organização e maior planejamento do processo de construção, as soluções devem ser tomadas previamente à execução;</p> <p>Proporciona o aumento da área útil da habitação, quando comparado aos sistemas convencionais com paredes com espessura acima de 15 cm, pois os painéis de concreto usualmente apresentam espessura final entre 8 e 12 cm.</p>	<p>Elevado custo das fôrmas que deve ser reduzido em diversas utilizações. Esta necessidade de alta reutilização ocorre apenas quando se tem uma demanda constante e uma tipologia habitacional definida e ainda é viável para um número de unidades superior a 50;</p> <p>Há na maioria dos casos necessidade de equipamentos de grande porte para o emprego das fôrmas metálicas, que são geralmente pesadas e de grandes dimensões, os mesmo são necessários para o transporte das fôrmas ou do volume de concreto requerido;</p> <p>Na execução com paredes monolíticas moldadas <i>in loco</i>, algumas limitações podem ser apontadas com referência ao projeto, principalmente em relação a modificações devido à função estrutural;</p> <p>No emprego de fôrmas tipo túnel e mesa/parede, há restrições quanto ao emprego de lajes com diferentes níveis, devido ao deslocamento de fôrmas em cada andar nos ciclos da produção;</p> <p>No emprego das fôrmas tipo túnel e mesa/parede, há paredes com função de vedação que não são determinadas pelo método construtivo e quando ocorre o emprego de alvenaria de blocos, não conseguem acompanhar a velocidade com que são executadas as paredes estruturais;</p> <p>As patologias, principalmente as fissuras, a umidade e o desempenho insatisfatório decorrentes do inadequado emprego do passado contribuem para a baixa utilização no presente.</p>

4. PROCESSO DE PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Este capítulo tem por objetivo apresentar o processo de planejamento e controle da produção e sua atuação no ambiente da construção civil. Primeiramente são introduzidos os conceitos sobre a filosofia produtiva da produção enxuta que é adotada como base conceitual para esta pesquisa, apresentando conceitos relacionados à produção enxuta e sua adaptação as particularidades da construção civil com o termo - *Lean Construction* – que tem como alicerce o pensamento enxuto para a criação de fluxos contínuos no processo produtivo e o desenvolvimento de células produtivas para o ambiente construtivo. Posteriormente, é abordado o processo de planejamento e controle da produção na construção civil, destacando a discussão sobre as dimensões e os níveis de planejamento, identificando formas de organização e distribuição dentro do ambiente organizacional, enfatizando os responsáveis pela coordenação do processo de PCP no ambiente da construção. Ao final, atenta-se para o uso de técnicas e ferramentas, e suas possibilidades de aplicação no processo de PCP na construção.

4.1 Produção Enxuta

A construção civil, como os demais setores industriais, tem dirigido seus processos produtivos para um patamar de excelência visando atingir o mercado consumidor de forma competitiva. Movidos por uma demanda crescente e um mercado consumidor exigente quanto à qualidade do produto e curtos prazos de entrega, o setor da construção civil tem buscado assimilar conceitos, métodos e técnicas que conduzem à melhoria da gestão da produção adequando as necessidades do setor ao paradigma da produção enxuta.

A produção enxuta apresenta uma base conceitual que traz benefícios em termos de melhoria da eficiência dos sistemas de produção, através da aplicação de princípios básicos culminando com o desenvolvimento do pensamento enxuto (*Lean Thinking*).

Deste modo, será apresentado um breve histórico sobre a inserção desta filosofia produtiva no contexto da construção, trazendo o termo construção enxuta para a gestão da produção no setor.

4.1.1 Breve Histórico

A inovação alcançada com a implantação da produção enxuta é de origem organizacional. A OCDE (2004, p.61) observa que “uma inovação organizacional é a

implementação de um novo método organizacional nas práticas de negócios da empresa, na organização de seu local de trabalho ou em relações externas”. No citado manual está descrito que a produção enxuta é um exemplo dentro de inovações organizacionais em práticas de negócios, que compreendem a implementação de novos métodos para a organização de rotinas e procedimentos para a condução do trabalho (ARAÚJO, 2007).

Desenvolvido por Ohno (1988) na empresa automobilística Toyota, o sistema de gerenciamento da produção enxuta (*Lean Production*), baseia-se na absoluta eliminação do desperdício por meio do JIT (*Just in Time*) e autonomia:

- JIT (*Just in Time*): redução ou eliminação dos estoques; produção “puxada” a partir da demanda do mercado; redução do tempo de ciclo; redução do tamanho dos lotes; flexibilidade de saída; programação de estoques e produtos proporcionando serviços onde e quando necessários.
- Autonomia: parada automática de máquinas quando algum problema for detectado impedindo a produção em série de produtos com defeitos; interferência humana direcionada ao aumento da produtividade por meio da separação dos tempos das atividades das máquinas e de seus operadores com o intuito de produzir da forma mais econômica, com uma assistência adequada, permitindo a total satisfação do usuário (automação com toque humano).

Para Guinato (1996) “... a essência do Sistema Toyota de Produção (TPS) é a perseguição e eliminação de toda e qualquer perda”. A questão é minimizar o tempo gasto em operações que não agregam valor.

A produção enxuta é resultado de uma combinação de práticas, políticas e filosofias que originam um modelo estratégico e integrado de gestão levando em conta diversos aspectos organizacionais e propondo ferramentas de aplicação para alcançar a manufatura enxuta (KOSKELA, 1992).

A disseminação desta nova filosofia de produção teve início com a publicação do trabalho de Womack *et al.* (1992) apresentando os conceitos da *Lean Production* e a criação do termo *Lean Thinking* (pensamento enxuto) como sendo uma forma mais generalizada do TPS quando Womack e Jones (1998) introduzem o pensamento enxuto em diversos setores da indústria mundial estabelecendo como base cinco princípios:

1. Valor – a definição detalhada do significado de valor de um produto a partir da perspectiva do cliente final, ou seja, quanto o cliente está disposto a pagar pelo produto;
2. Fluxo de Valor – a identificação de ações necessárias para eliminar desperdícios ao longo de toda a cadeia de valor, da matéria prima ao cliente final;
3. Fluxo – com a eliminação de desperdícios pela identificação do fluxo de valor, alcançar uma produção em fluxo, estável e sem interrupções;
4. Produção puxada – configuração do sistema produtivo de forma que o acionamento da produção provém da demanda do cliente (programação puxada);
5. Perfeição – a busca do aprimoramento da cadeia de valor por meio da interação entre os quatro princípios proporcionará uma redução de desperdícios dentro do processo produtivo, e a perfeição passa a ser algo possível de ser alcançado.

Estes princípios, desenvolvidos no Japão, passaram a ser adotados ou adaptados em diversos setores industriais pelo mundo, principalmente por empresas ocidentais, na tentativa de substituir as antigas práticas por um sistema menos rígido e mais flexível.

Portanto, a produção enxuta trata-se de um sistema de administração da produção alicerçado por uma filosofia de eliminação de desperdícios onde as atividades envolvidas no processo produtivo são criteriosamente coordenadas e respaldadas por um planejamento detalhado e controlado para evitar possíveis falhas (WOMACK *et al.*, 1992).

Esta filosofia produtiva tem como objetivos fundamentais a redução de custos, obtenção da alta qualidade dos produtos possibilitando a flexibilidade do processo produtivo para se adaptar às variações da demanda. Para isso, o planejamento das atividades de produção é essencial, prevendo as necessidades de demanda de produtos e adequando variações de estoque e volume de produção.

Neste contexto, a indústria da construção civil, com suas diversas particularidades, tornou-se objeto de pesquisa para o entendimento do pensamento enxuto e o desenvolvimento de ferramentas específicas para a aplicação na construção. A necessidade de planos mais detalhados e que realmente proporcionem um diferencial aos resultados produtivos do setor da construção civil culminam para o surgimento do termo *Lean Construction*, que propõe a aplicação dos conceitos da produção enxuta no ambiente da construção como forma de minimizar as perdas nos

processos de produção e aperfeiçoar a aplicação de recursos. Para aprofundar a discussão, são abordados os aspectos relacionados à *Lean Construction*.

4.2 *Lean construction*

A criação do termo *Lean Construction* (construção enxuta) teve seu marco com a publicação do trabalho *Application of the new production philosophy in the construction industry* por Lauri Koskela (1992) e, posteriormente, pela criação do *IGLC – International Group for Lean Construction*, direcionado ao desenvolvimento e adaptação do novo paradigma no setor da construção civil.

A filosofia de produção enxuta introduz uma nova forma de entender os processos produtivos na construção civil (KOSKELA, 1992), originando uma nova visão organizacional do processo de construção.

A relação entre a construção convencional e a baseada nos princípios da produção enxuta pode ser considerada pela descrição de dois conceitos de produção, o tradicional, que coloca a produção unicamente como atividades de conversão de matérias-primas em produto, como ilustrado na Figura 36, e a filosofia da *Lean Production* (Figura 37), que vem aumentar a eficiência geral dos empreendimentos, considerando a produção como um fluxo de atividades de transformação e não-transformação, que anteriormente seriam negligenciadas, tendo como objetivo o aumento da qualidade e produtividade dos processos produtivos, abrangendo três conceitos de Transformação/Valor/Fluxo (KOSKELA, 2000).

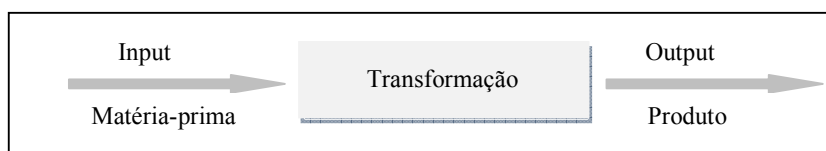


Figura 36. Processo tradicional de conversão.
Fonte: Adaptado de Rocha *et al.*, 2004.

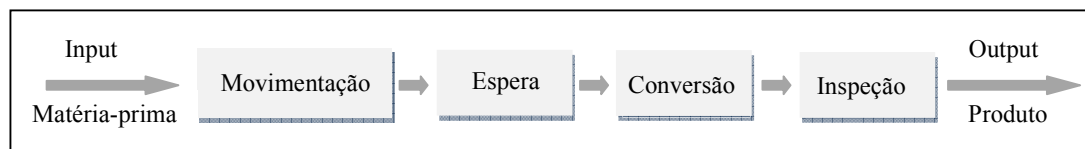


Figura 37. Processo baseado na *Lean Production*.
Fonte: Adaptado de Rocha *et al.*, 2004.

Como exemplos de atividades de não-transformação estão o transporte, a espera e a inspeção de materiais e produtos, que não agregam valor e consomem tempos consideráveis no processo produtivo (ROCHA *et al.*, 2004).

Segundo Koskela (2000), os materiais gastam pouco tempo sendo transformados (processo de conversão), na maior parte do tempo estão *esperando* para serem transformados, sendo *transportados* ou *inspecionados*. A eficiência está no controle destes sub-processos específicos e não somente no processo de conversão. A redução de perdas acontece através da diminuição da variabilidade de execução dos sub-processos, que irá resultar no aumento da eficiência produtiva.

A *Lean Construction* entende a produção como um ambiente composto por atividades de conversão e fluxo, embora consideradas atividades que não agregam valor ao produto, o gerenciamento das atividades de fluxo constitui uma etapa essencial para o aumento dos índices de desempenho dos processos produtivos (KOSKELA, 1992).

Considerando que sem a compreensão dos efeitos das atividades de fluxo na produção, torna-se difícil tomar decisões que venham a minimizar ou eliminar causas de desvios nos planos (BALLARD e HOWELL, 1996), o conhecimento sobre os princípios da construção enxuta tornam-se fundamentais para o desenvolvimento do processo de planejamento e controle da produção.

Portanto, Koskela (1992), visando uma maior operacionalidade das diretrizes propostas pela produção enxuta para o ambiente construtivo, apresenta um conjunto de princípios específicos que tem como foco a necessidade de integrar as conversões e fluxos, como descritos a seguir:

1. Redução da parcela de atividades que não agregam valor;
2. Aumento do valor do produto através das necessidades dos clientes;
3. Redução da variabilidade do processo produtivo;
4. Redução do tempo de ciclo;
5. Simplificação do processo através da redução do número de etapas, componentes e ligações entre atividades;
6. Aumento da flexibilidade de saída com produtos diferenciados;
7. Aumento da transparência no processo;
8. Controle focado no processo como um todo, e não em atividades específicas;
9. Geração de melhoria contínua no processo;
10. Balanceamento entre melhorias nos fluxos e conversões;
11. Aplicação de práticas de *benchmarking* (utilizar práticas que deram certo em outras empresas).

Picchi (2003) relaciona os onze princípios de Koskela (1992) com aqueles propostos por Womack e Jones (1998). No quadro a seguir, o citado autor sugere uma classificação em dois níveis, sendo o nível 1 geral e o nível 2 operacional. Este trabalho tem como abordagem principal o princípio de fluxo adotado pelo pensamento enxuto (WOMACK; JONES, 1998) e as considerações de Koskela (1992) com relação à redução da variabilidade e o aumento da transparência nos processos conforme se encontra destacado em negrito na Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre os princípios de Womack e Jones (1998) e os de Koskela (1992). Fonte: (PICCHI, 2003)

Cinco Princípios do <i>Lean Thinking</i> (WOMACK; JONES, 1998)	Elementos Fundamentais	Onze Princípios para desenho de processos (KOSKELA, 1992)	
		Nível 1	Nível 2
VALOR	Pacote produto/serviço de valor ampliado	<ul style="list-style-type: none"> • aumentar o valor do produto através da consideração sistemática dos requisitos dos clientes 	
	Redução de <i>lead times</i>	<ul style="list-style-type: none"> • reduzir o tempo de ciclo 	
FLUXO DE VALOR	Alta geração de valor na empresa estendida	<ul style="list-style-type: none"> • reduzir as parcelas de atividades que não agregam valor 	<ul style="list-style-type: none"> • simplificar, através da redução de passos, partes e ligações • focar o controle no processo global • manter equilíbrio entre melhorias de fluxo e nas conversões
FLUXO	Produção em fluxo		<ul style="list-style-type: none"> • reduzir a variabilidade
	Trabalho padronizado		<ul style="list-style-type: none"> • aumentar a transparência do processo
PUXAR	Produção e entrega just-in-time		
	Recursos flexíveis	<ul style="list-style-type: none"> • aumentar a flexibilidade de saída 	
PERFEIÇÃO	Aprendizado rápido e sistematizado	<ul style="list-style-type: none"> • introduzir melhoria contínua no processo 	<ul style="list-style-type: none"> • fazer <i>benchmarking</i>
	Foco comum		

Os princípios desenvolvidos por Koskela (1992) são complementares na utilização prática da filosofia produtiva proposta pela produção enxuta. No entanto, de acordo com a distribuição apresentada pela Tabela 1 (PICCHI, 2003), para atingir a nível operacional, uma produção em fluxo atrelado à organização do trabalho padronizado, os princípios de redução da variabilidade e aumento da transparência no processo produtivo são evidenciados.

A presente pesquisa tem como base teórico-estrutural os princípios apresentados por Koskela (1992) sobre a construção enxuta para análise de evidências empíricas adotadas na construção civil. Sendo assim, serão enfatizados a seguir os conceitos referentes a dois princípios, o de redução da variabilidade e aumento da transparência no processo produtivo, como componentes essenciais para a organização do constructo, que deve ser considerado para a realização desta pesquisa.

4.2.1 A redução da variabilidade

De acordo com Koskela (2000), a criação de fluxo contínuo no ambiente de obras é um grande desafio, devido à fragmentação da organização do trabalho, baixo grau de padronização das atividades, diversidade do produto. Os mesmos autores asseguram que a obtenção do trabalho em fluxo depende, em grande parte, da qualidade dos serviços executados, de forma a evitar a ocorrência de retrabalhos; para isso, a redução da variabilidade dos processos produtivos é basal tendo em vista atingir um fluxo de trabalho contínuo.

A variabilidade no processo produtivo tende a aumentar o tempo de ciclo, bem como as parcelas de atividades que não agregam valor ao produto, resultando em prazos prolongados de produção (BERNARDES, 2001). Santos *et al.* (2002) observa que existem também variações relacionadas à qualidade do produto que podem influenciar a percepção do cliente quanto ao produto ou serviço fornecido. Em alguns casos de variabilidades extremas, produtos ou serviços podem ser descartados pelos clientes.

Isatto *et al.* (2000), ressaltam que são diversos os tipos de variabilidade relacionadas ao processo de produção, referentes à variação dimensional nos materiais entregues; à variabilidade existente na execução de um determinado processo; e à variabilidade na demanda, relacionada aos desejos e necessidades dos clientes de um processo.

Para Santos (1999), os pilares que caracterizam os efeitos da variabilidade nos sistemas produtivos são a “variabilidade no tempo de processamento” e a

“variabilidade no fluxo”. A “variabilidade no fluxo” ocorre quando a variabilidade advinda de uma fase do processo de trabalho (atividade) afeta o comportamento ou desempenho de outra atividade envolvida na linha de produção. Desta forma, uma questão fundamental no gerenciamento da produção é entender as causas de esperas nos processos e como proceder para reduzi-las.

Neste aspecto, a teoria das filas é a ciência que descreve, por meio de modelos matemáticos, o estudo dos tempos de espera (MADERS, 1987). Segundo este mesmo autor, esta teoria é aplicável a situações do cotidiano (filas de ônibus, de caixas de supermercado, etc.), assim como também em ambientes mais complexos, como na manufatura ou na construção civil.

De acordo com Santos (1999), a utilização da teoria das filas deve ser focada nos processos críticos (gargalos produtivos) que podem ocasionar retardos no desenvolvimento da produção, uma vez que os mesmos determinam o fluxo e a capacidade produtiva de todo o sistema.

O trabalho de Nuttall (1964) *apud* Branco (2007) descreve a construção de casas inglesas como analogia à teoria das filas na construção civil. “Após a complementação da infra-estrutura, todas as casas aguardam as equipes de alvenaria para que executem seu trabalho. Com a alvenaria erguida, esta passa das mãos dos pedreiros para as mãos dos carpinteiros executarem a estrutura do telhado e colocação de telhas. As diversas equipes de instalações começam seu trabalho na sequência, e assim sucessivamente. A casa é fragmentada de uma equipe para a outra, e espera-se após o término de uma atividade, o início de outra” (BRANCO, 2007).

No que diz respeito à “variabilidade no tempo de processamento”, seus efeitos são limitados ao ambiente de trabalho. De acordo com Santos (1999), este tipo de variabilidade inclui a quebra de máquinas ou desvios no tempo de produção. No ambiente da construção civil, a falta de materiais e aspectos naturais como a ocorrência de chuvas na obra são exemplos de variabilidade. Neste aspecto, a capacidade e eficiência do sistema produtivo são afetados (SANTOS, 1999).

Segundo Bernardes (2001), o processo de planejamento e controle da produção facilita a implantação da redução da variabilidade, na medida em que organiza a produção de acordo com as tarefas possíveis de serem executadas, como uma forma de proteger o processo produtivo de eventuais variáveis. Esta proteção é garantida através da aplicação sistemática da produção protegida ou *shielding production* proposta por BALLARD e HOWELL (1997).

Para Koskela (1992), uma possibilidade para a redução da variabilidade é estabelecer padrões de processos. Para isso, a padronização torna-se elemento

fundamental no processo de redução da variabilidade do sistema produtivo, sendo associado também ao aumento da transparência no processo conforme será abordado a seguir.

4.2.2 Padronização e o Aumento da transparência no processo

A padronização de processos e produtos atrelada à produção em fluxo possibilita uma maior transparência ao processo produtivo. Santos (1999) define o aumento da transparência como o aumento da habilidade de uma atividade de produção em se comunicar com as pessoas. A transparência pode ser usada como um instrumento para elevar a motivação dos trabalhadores por melhorias, redução de erros, maior segurança, aumentando a visibilidade de erros (KOSKELA, 1992).

A padronização envolve o desenvolvimento de procedimentos pré-estabelecidos e a determinação de materiais para a construção de determinado processo ou produto (Santos *et al.*, 2002). Este mesmo autor descreve como estabelecer e propor padrões de acordo com a visão de Imai (1997):

- Deve-se representar a melhor, mais fácil e segura forma de realizar uma atividade;
- Estabelecer métodos de gerenciar o conhecimento para a preservação do “*know how*” e técnica de execução de serviços para que se mantenha o conhecimento sobre os processos produtivos dentro da empresa, independente da entrada e saída de operários.
- Os padrões podem ser utilizados como referências para avaliar a eficiência dos processos.
- Fornecem a base para a manutenção e o aprimoramento de práticas.
- Proporcionam apoio para treinamento, auditoria e diagnóstico de problemas.

A identificação tardia de problemas na produção resulta em perdas e retrabalhos. A utilização de padrões na execução de atividades reduz a variabilidades dos processos e facilita na identificação das causas de eventuais problemas na produção; uma vez identificados, ações corretivas podem ser implantadas e os padrões remodelados para a eliminação de problemas. Santos *et al.* (2002) ressaltam que sem o uso de padrões, não é possível identificar quando uma atividade é executada corretamente ou não. Seguindo a mesma linha de raciocínio, Imai (1997) argumenta que a utilização de padrões é um dos primeiros ensinamentos da gestão da produção. O mesmo autor coloca ainda que se a variabilidade ocorre em

consequência da diversidade de padrões, os mesmos devem ser remodelados. Se a variabilidade ocorre mesmo quando as pessoas têm adotado os padrões estabelecidos, é necessário revisar ou averiguar a necessidade de existência desses padrões ou verificar se os mesmos foram devidamente apresentados às pessoas que deveriam executá-los (Imai, 1997).

A falta de transparência na disponibilidade de informações nos locais de trabalho é considerada como um dos fatores que contribuem para a existência de atividades que não agregam valor ao produto, como, por exemplo, a movimentação e espera (GALSWORTH, 1997 *apud* BERNARDES, 2001).

Bernardes (2001) informa que uma das formas de adicionar transparência ao processo de planejamento e controle da produção é através da utilização de plantas ou esboços durante a discussão de metas, de maneira a facilitar a compreensão por parte das equipes de produção. A utilização de tecnologias da informação com o uso de câmeras filmadoras nos canteiros de obra, a comunicação via rádio facilitam na identificação de problemas, assim como também o uso de quadros de informações nas obras, indicando os planos de produção e direcionando as equipes para determinadas áreas de trabalho.

Grief (1991) comenta que, na medida em que os funcionários têm acesso às informações necessárias à execução de suas tarefas, suas atividades são desenvolvidas de maneira mais eficiente.

Este aspecto pode ser implantado pela gestão visual, que tem como objetivo apoiar os funcionários por meio do controle visual para que tenham uma melhor oportunidade de desempenhar um bom trabalho (LIKER, 2005) tornando-se um componente relevante no processo de gestão da produção, para garantir a visibilidade dos processos e proporcionar o controle da produção.

Motwani (2003) *apud* Araújo (2007) menciona que a utilização de controles visuais é um elemento chave para aperfeiçoar o monitoramento do controle do processo, considerando os mesmos como meios de comunicação que auxiliam a visualizar os processos, identificar os problemas e fazer melhorias. Isso ocorre na medida em que são expostas as informações sobre o processo aos envolvidos no mesmo, proporcionando a troca de idéias sobre possíveis melhorias ou meios alternativos para o desenvolvimento de uma determinada atividade.

A gestão visual proporciona o desenvolvimento e a utilização de ferramentas de controle visual; as mais citadas pela literatura são o Kanban, Call light, Andon, Digital Display Panels e Visual controls in poka-yoke devices, podendo ser apreciados nos trabalhos de Grief (1991) e Santos (1999), porém a discussão sobre estes conceitos foge ao escopo desta pesquisa

Bernardes (2001) observa que o princípio do aumento da transparência pode ser implementado através do processo de planejamento e controle da produção na medida em que são disponibilizadas informações de acordo com a necessidade de seus usuários no ambiente produtivo.

4.2.3 Fluxos da produção na construção

Na atividade de construir há o envolvimento de diversos agentes no processo produtivo, atuando em várias etapas do projeto de um empreendimento. Para analisar de forma mais apropriada este ambiente construtivo, Picchi (2003) sugere que os fluxos de empreendimentos inseridos nas atividades da construção sejam distintos dos fluxos considerados no ambiente de manufatura, sendo entendidos como: fluxo de negócio, fluxo de projeto, fluxo de obra, fluxo de suprimentos e fluxo de uso e manutenção.

Os fluxos da construção, de acordo com Picchi (2003), serão detalhados de forma resumida uma vez que, adentrar nessa conceituação foge ao escopo deste trabalho, que tem como enfoque tratar especificamente dos fluxos de obra.

Fluxo de negócio: gerenciado pelo contratante (incorporador), abrange pesquisa de mercado e plano de necessidades, legalização de projetos, financiamentos, contratações, monitoramento de projeto e construção, recebimento da construção e entrega ao cliente.

Fluxo de projeto: geralmente coordenado pelo arquiteto, envolve o contratante e demais projetistas.

Fluxo de obra: liderado pela empresa construtora, com grau elevado de sub-contratação.

Fluxo de suprimentos: coordenado pela empresa construtora, envolve os produtos e serviços (fornecedores) ao longo da cadeia produtiva.

Fluxo de uso e manutenção: inicia-se após a entrega da obra, refere-se ao fluxo de sustentação da manufatura compreendendo uso, operação, manutenção e demolição.

O conceito de fluxo idealiza a realização de todas as atividades que agregam valor em uma sequência ininterrupta, eliminando desperdícios e reduzindo *lead times*, ou seja, o tempo de realização do produto ou serviço (WOMACK; JONES, 1998). Rother e Harris (2002) sustentam que na prática, sua implementação deriva da utilização de produção celular, com elevada produtividade, devido ao uso de conceitos como: fluxo de uma peça, operadores multifuncionais e ritmo padronizado e controlado.

4.2.4 Fluxo contínuo

Rother e Harris (2000) presumem que para atingir o fluxo contínuo de um processo produtivo é necessário o balanceamento das operações do trabalhador, de células de trabalho, assim como também a introdução de sistemas de controle de produção puxado. A definição de ritmos e sequências de produção para estabilizar os processos e a melhoria contínua do trabalho padronizado são ainda aspectos essenciais para atingir a continuidade do fluxo.

Segundo Picchi e Granja (2004) o princípio do fluxo contínuo nos processos de produção apresentado pela mentalidade enxuta pode ser utilizado para o ambiente da construção, sendo necessárias adaptações para a utilização do conceito em obras pela formação de pequenos lotes de trabalho e padronização do trabalho. Rother e Harris (2002) acordam que a padronização do método de trabalho é aspecto basal para a estabilização do fluxo.

A aplicação de ferramentas e conceitos como: redução do tamanho de lotes, uso de controles visuais e sincronização de tarefas são aspectos fundamentais para a criação de fluxo (SANTOS, 1999).

O uso de controle visuais que proporcionam transparência aos processos de trabalho possibilitando a imediata identificação de problemas é importante para a manutenção do fluxo contínuo (PICCHI e GRANJA, 2004).

O desempenho da produção alcançado pela utilização do fluxo contínuo pode ser determinado por métodos simples como o proposto por Ballard (2000), que apresenta uma forma de medir a eficiência do fluxo de trabalho pelo PPC – percentual do plano concluído - que é calculado pela divisão do trabalho executado pelo total de trabalho planejado para as atividades em determinado período. Este assunto será aprofundado no que diz respeito às técnicas de aplicação do pensamento enxuto abordadas pela seção 4.6 deste capítulo.

Para atingir o fluxo contínuo nos processo de produção, uma alternativa para o arranjo dos processos produtivos é a utilização de células de trabalho, pela organização da produção em pequenos lotes conforme destacado a seguir.

4.2.5 Células de produção

A criação de células produtivas tem como objetivo aperfeiçoar os ritmos e sequências dos trabalhos que compõem a atividade produtiva. Por sua vez, a constituição de células de trabalho consiste numa das formas de alcançar a organização dos fluxos de trabalho no ambiente produtivo.

Conforme Bulhões, *et al.* (2006), as interrupções nos fluxos de trabalho em obras ocasionam impacto na produtividade das construções decorrentes da variabilidade nos sistemas produtivos, da falta de sincronização entre processos e na falta de estabilidades nos processos de produção.

Seguindo a linha do pensamento enxuto, Rother e Harris (2002) conceituam célula produtiva como um arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos em que as etapas do processo estão próximas e ocorrem em sequência, processando as partes em um fluxo contínuo.

Hyer e Brown (1999) sugerem uma definição de célula real como uma célula de manufatura composta por duas características. A primeira, com uma definição clássica, caracteriza-se pela dedicação de equipamentos a uma família de partes ou produtos que possuem especificações de processamento similares. A segunda, com uma abordagem que vai além do layout celular, diferenciando-se na criação de um fluxo de trabalho onde as tarefas e os executores estão firmemente conectados em termos de tempo, espaço e informação.

Sintetizando, Pattussi e Heineck (2006) definem célula de produção como um arranjo onde a matéria-prima é processada e o produto entregue completo no final no processamento, sempre realizado por um trabalho em equipe. Na organização da célula os trabalhadores devem trabalhar próximos e dentro de uma sequência e ritmo ideal, a fim de evitar perdas por retrabalhos e espera. De acordo com os mesmos autores, os operadores devem ter senso de responsabilidade gerado pela autonomia desenvolvida, a fim de propor as mudanças necessárias para incrementar a produção e executar o trabalho da melhor maneira possível.

Deste modo, a célula produtiva constitui-se em um método alternativo de organização da produção alicerçado por um processo de especialização da mão de obra. De acordo com Santos *et al.* (2002), o citado método oferece um potencial de mudança de um sistema de produção em massa inflexível e repetitivo para um modelo mais flexível de pequenos lotes de produção.

A utilização deste conceito é utilizada na manufatura onde a célula é fixa (célula real) dentro do processo de produção (Hyer e Brown, 1999). No entanto, na construção civil, dada a característica do produto ser fixado no espaço onde é produzido, e os operários terem que se movimentar por diferentes estações de trabalho, a proposta de uma célula produtiva deve levar em consideração sua mobilidade, considerada por Santos *et al.* (2002) como *mobile cells* – células móveis.

O uso deste modelo a nível operacional é feito a partir de uma divisão de produtos e processos em grupos e famílias, na qual cada grupo é responsável por uma parte da produção. Para um melhor entendimento, esta pesquisa considera que o

termo “famílias” se refere a um grupo de atividades que compõem o produto final na construção.

As vantagens de utilização de células produtivas podem incluir a redução de custos, diminuição do tempo de produção, maior utilização de máquinas e ferramentas no processo produtivo, redução de níveis de estoques, melhoria na qualidade do controle dos processos e produtos, respostas rápidas a mudanças no produto, simplificação dos processos e fluxos de atividades, aprimoramento das relações entre os agentes envolvidos (YANG e DEANE, 1994; RASARATNAM e KO, 1997 *apud* SANTOS *et al.*, 2002).

Sintetizando o exposto, tendo como base a divisão de fluxos proposta por Picchi (2003), este trabalho restringe-se à discussão do fluxo de obra e sua relação com o pensamento enxuto, para o desenvolvimento de fluxos de trabalho contínuos em obras de construção. A célula produtiva pode ser composta por diversos recursos necessários a produção, como materiais, máquinas e equipamentos, e mão de obra, no entanto este trabalho tem como foco a construção de células que considerem apenas o trabalho realizado pelos operários na construção, considerando assim a formação de células de trabalho especificamente no tocante à mão de obra utilizada na produção. Sendo assim, diante dos conceitos apresentados posteriormente, propõe-se a criação de uma célula de trabalho que atenda as necessidades da construção de habitações que utilizam em seu processo de produção, sistemas construtivos padronizados. Esta célula será gerada a partir do entendimento e organização do fluxo de produção de habitações construídas no canteiro de obras, que constitui o objeto de estudo desta pesquisa.

Para introduzir a célula de trabalho no processo de produção de uma empresa construtora, o processo de planejamento e controle da produção deve estar interligado à sustentação desta forma de organização e o envolvimento de todos os agentes pertencentes ao processo produtivo torna-se essencial para o sucesso da proposta.

Portanto, o planejamento e controle da produção com o emprego de técnicas e ferramentas no processo de PCP é necessário para proporcionar a organização dos processos de trabalho de acordo com a capacidade produtiva da empresa. Sendo assim, a seção 4.3 apresentará as características do processo de PCP na construção civil e as técnicas e ferramentas aplicadas ao processo de planejamento de obras.

4.3 Planejamento e Controle da Produção na Construção Civil

O processo de planejamento é caracterizado por Ballard e Howell (1996) pela produção de metas que sustentam o gerenciamento dos processos produtivos, enquanto o controle garante o cumprimento destas metas, bem como avalia sua conformidade com o planejado, fornecendo assim, informações para preparação de planos futuros.

O processo de planejamento e controle da produção define as diretrizes da administração da produção, indicando os métodos de execução, a programação que determina o cronograma da execução de atividades, e o controle que permite o acompanhamento e a verificação do andamento físico do empreendimento (LOSSO e ARAÚJO, 1995 *apud* MORAES, 2007).

De forma mais genérica, outra definição apresentada por Slack et al. (2002) caracteriza-se pela elaboração de planos seguido do controle dos mesmos. O plano é a construção formal do que se pretende fazer no futuro. Já o controle pode ser definido como um conjunto de atividades que visam ajustar as atividades do plano, se necessário, para que os objetivos sejam alcançados. O plano seria um conjunto de intenções para o que deveria ocorrer e o controle um conjunto de ações para direcionar este plano, ainda que sejam necessárias modificações (SLACK *et al.*, 2002).

Planejar significa “organizar plano ou roteiro de; programar” (HOUAISS, 2008). Esta definição indica a relação dos termos “planejar” e “programar” como sinônimos, no entanto, o processo de planejamento é uma atividade mais abrangente que inclui a programação em seu escopo, sendo importante estabelecer esta relação para que fique clara a distinção dos termos utilizados neste trabalho.

Laufer e Tucker (1987) sustentam que o planejamento estabelece as metas e o caminho para que sejam alcançadas, enquanto o controle é o processo que garante que este curso seja mantido. Consideram que o planejamento é um processo de tomada de decisão realizado para antecipar uma desejada ação futuro, por meio da utilização de meios eficazes de concretizá-la, constituindo o arranjo dos seguintes elementos (LAUFER *et al.*, 1994):

- a) Um processo de tomada de decisão – para definir o quê e quando executar ações em determinado período;
- b) Um processo de integração de decisões interdependentes, determinando, assim, a organização de um sistema decisório que visa cumprir os objetivos do empreendimento;

- c) Um processo hierárquico evolutivo, formulado a partir de diretrizes gerais, considerando meios e restrições que conduzem a um plano de ações detalhado;
- d) Um processo que inclui uma cadeia de atividades, compreendendo a busca e análise de informações sobre as mesmas, o desenvolvimento, a avaliação e a escolha de alternativas que conduzam a uma solução;
- e) Uma análise do emprego sistemático de recursos, nos diversos níveis de desenvolvimento;
- f) A apresentação documentada de informações, em forma de planos.

Dentre as diversas definições apresentadas, a adotada como base para este trabalho foi a apresentada por Formoso *et al.* (1999), que definem o processo de planejamento e controle da produção como um processo gerencial, que envolve o estabelecimento de objetivos e a determinação dos procedimentos necessários para atingi-los, sendo somente eficaz quando realizado em conjunto com o controle.

Para melhor compreensão sobre a organização do processo de PCP, tendo como referência os trabalhos de Laufer e Tucker (1987), Formoso *et al.* (1999) e Bernardes (2001), o processo de planejamento da produção pode ser caracterizado por meio de duas dimensões básicas: horizontal e vertical. A primeira dimensão define as etapas pelas quais o processo de planejamento e controle é realizado, enquanto a segunda, refere-se ao vínculo destas etapas com os diferentes níveis gerenciais de uma organização (BERNARDES, 2001).

4.3.1 Dimensão horizontal

Laufer e Tucker (1987) propõem um modelo para o processo de planejamento que subdivide a dimensão horizontal em cinco etapas: preparação do processo de planejamento; coleta de informações; preparação de planos; difusão das informações; avaliação do processo de planejamento, conforme Figura 38.

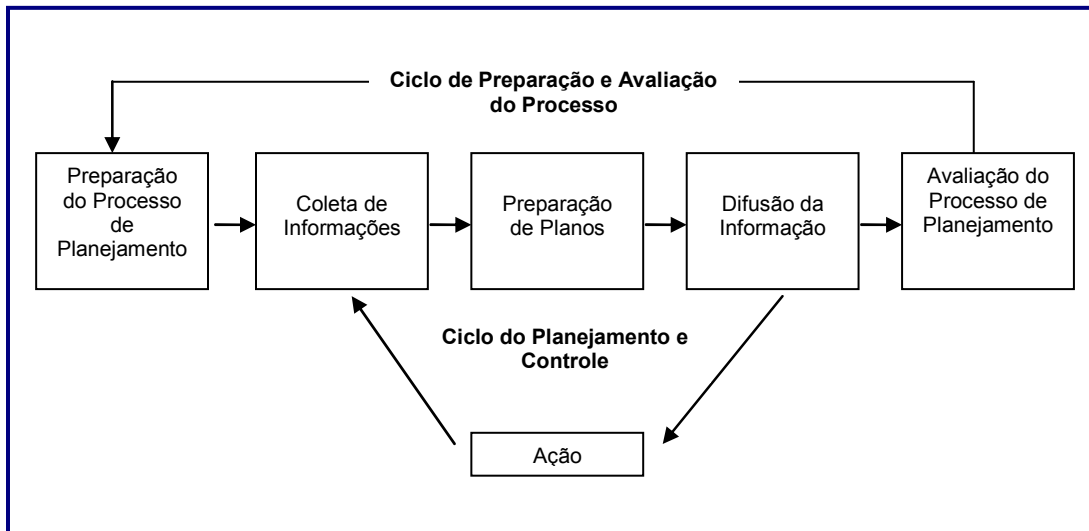


Figura 38. Dimensão Horizontal do Processo de Planejamento
Fonte: LAUFER & TUCKER (1987)

O processo de planejamento inicia-se na preparação dos planos, onde são determinados: o horizonte e nível de detalhamento do planejamento, a frequência de replanejamento e grau de controle a ser realizado (MORAES, 2007). Entende-se por horizonte de planejamento o intervalo de tempo entre a preparação do plano e a realização da ação inerente às metas fixadas ao plano (LAUFER; TUCKER, 1988).

A coleta de informações é necessária para a realização do planejamento. Estas informações são referentes a contratos, plantas, especificações técnicas, descrições quanto ao canteiro e ao entorno, tecnologia a ser utilizada na construção, viabilidade de terceirização de serviços, dentre outras informações relativas à execução do processo produtivo do empreendimento.

A organização das informações determina a preparação dos planos. Esta fase, normalmente, recebe maior atenção dos responsáveis pelo planejamento em empresas de construção, decorrente da utilização de técnicas na preparação dos planos, como por exemplo, a técnica baseada no Método do Caminho Crítico e a Linha de Balanço. Uma discussão mais aprofundada sobre estas técnicas é apresentada no item 4.6 deste capítulo.

A difusão da informação deve ser realizada de acordo com as necessidades dos usuários, sendo de responsabilidade do encarregado pelo planejamento a decisão de quem deve recebê-las e qual o formato apropriado para transmitir a informação (BERNARDES, 2001; MORAES, 2007).

A “ação” traduz a execução do que foi planejado; nesta fase, a função controle deve ser efetuada em tempo real, orientando a realização de ações corretivas ao longo do processo e assumindo uma postura pró-ativa, na qual o conceito de controle

expande-se para além da idéia de inspeção ou verificação, para efetivamente assumir a postura de correção das causas estruturais dos problemas decorrentes do planejamento (FORMOSO *et al.*, 1999). Assim, o processo é alimentado por um ciclo contínuo de controle da produção, onde o replanejamento atua na correção de possíveis desvios nas metas dos planos e suas causas, com planos reformulados e difundidos. Este ciclo pode ocorrer tanto entre empreendimentos diferentes, quanto durante a execução do mesmo empreendimento (BERNARDES, 2001), servindo de base para o desenvolvimento de empreendimentos futuros.

A última etapa, referente à avaliação do processo de planejamento, deve analisar as decisões estabelecidas durante a concepção do processo. A utilização de indicadores que relacionem o planejado com o realizado pode contribuir para a análise desta fase (BERNARDES, 2001).

4.3.2 Dimensão vertical

A dimensão vertical é caracterizada pela divisão do planejamento e controle da produção em três níveis hierárquicos: estratégico, tático e operacional.

Segundo Formoso *et al.* (1999), o nível estratégico refere-se à definição dos objetivos do empreendimento, a partir do perfil do cliente. Nesta fase, se estabelecem algumas estratégias para atingir os objetivos do empreendimento, como a definição de prazos, fontes de financiamento, parcerias, etc.

O nível tático envolve principalmente a seleção e aquisição de recursos como tecnologia, materiais, mão de obra, dentre outros itens necessários para atingir os objetivos do empreendimento, e determina como estes recursos serão utilizados durante a obra (FORMOSO *et al.*, 1999). No que se refere ao nível operacional, o detalhamento das atividades a serem realizadas difere dos demais, sendo mais minucioso, determinando o uso dos recursos e o momento de execução das atividades e etapas da obra (BERNARDES, 2001).

Destaca-se que o grau de detalhe varia conforme o horizonte de planejamento, crescendo com a proximidade da implantação. Planos que contêm muitos detalhes podem apresentar-se de forma ineficiente diante de situações de alta incerteza, devido ao excessivo esforço para replanejá-los (LAUFER e TUCKER, 1988).

Formoso *et al.* (1999) reforçam a necessidade da divisão hierárquica do planejamento da produção, em função da complexidade típica de empreendimentos, da variabilidade de seus processos e da incerteza inerente ao processo de construção, uma vez que, em muitos casos, não se dispõe de todas as informações necessárias

para o planejamento de todo o empreendimento nas suas primeiras etapas. A Figura 39 apresenta o modelo de processo de planejamento hierarquizado.

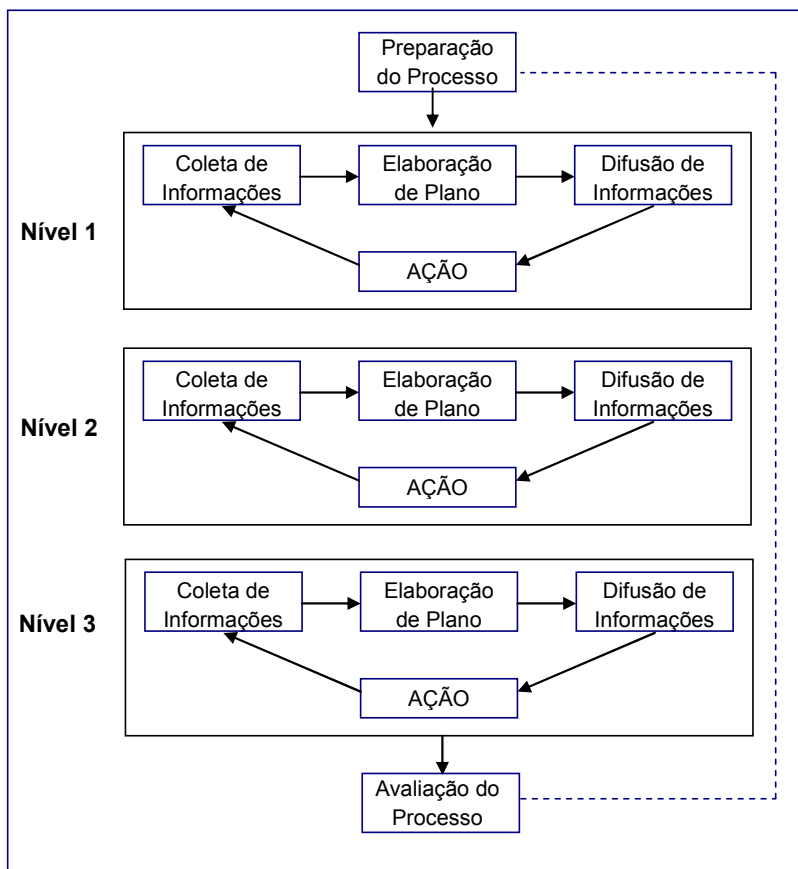


Figura 39. Processo de planejamento e controle da produção hierarquizado.
Fonte: FORMOSO *et al.* (1999).

Segundo Bernardes (2001), uma maneira de vincular de forma hierarquizada as metas dos vários planos, adotados para o planejamento da obra, é através da utilização da *Work Breakdown Structure* (WBS), denominada, também, de acordo com Limmer (1997), “Estrutura Analítica de Projeto – EAP” (BERNARDES, 2001).

Assumpção (1996) define a WBS como a decomposição da obra em subsistemas, estabelecendo hierarquias entre as atividades que são decompostas. De acordo com Casarotto *et al.* (1999) *apud* Moraes (2007), esta estrutura e divisão do trabalho é construída através do desdobramento de cada atividade existente no projeto em níveis inferiores, partindo-se da atividade principal, até as pequenas tarefas. Por meio desta ferramenta, pode-se visualizar todas as etapas do empreendimento, permitindo um planejamento mais criterioso e um controle eficaz dos tempos, custos, recursos, etc. (MORAES, 2007).

Segundo Bernardes (2001), a definição de como será realizada a partição da obra em serviços e atividades deve partir do tipo da obra a ser realizada, das diversas equipes que irão participar da mesma, do grau de controle que a empresa poderá realizar, bom como da forma pela qual o processo de produção será projetado. Assim, recomenda-se que para cada tipologia, a empresa desenvolva uma WBS específica de acordo com seus requisitos e princípios próprios.

Para facilitar a compreensão deste conceito, apresenta-se no Quadro 2, um WBS genérico para elaboração de rede de precedência, baseado no sistema de produção apresentado por Assumpção (1996).

Quadro 2: Exemplo de aplicação da “WBS” segundo Assumpção (1996).

NÍVEL 0	NÍVEL 1	NÍVEL 2 (ETAPAS)	NÍVEL 3 (SERVIÇOS)	
EDIFÍCIO (TORRE ÚNICA)	SUBSISTEMA INFRA- ESTRUTURA PARA PRODUÇÃO	Canteiro /Serviços preliminares Contenções	Tapume/Canteiro/Instalações	
			Locação da obra	
			Escavação/ Cortinas	
	TORRE	Infra-estrutura	Estacas/ Tubulões	
			Blocos e Baldrames	
			Drenagem/ Laje do 1º piso	
		Estrutura	Estrutura do 1º piso até estrutura de laje tipo	
			Estrutura dos pavimentos tipo	
			Estrutura da cobertura	
			Estrutura da Casa de máquinas e Cx d'água	
		Obra bruta	Alvenaria nos tipos	
			Aduelas, contra marcos e embutidos	
			Contrapiso e tratamento de ralos	
			Reboco interno	
			Gesso corrido no teto	
			Obras na casa de máquinas e cobertura	
			Pintura no poço para elevadores	
			Assentamento de azulejos	
			Kits hidráulicos/elétricos aéreos	
			Placas de forro de gesso e madeiras	
		Obra fina	Assentamento de pisos cerâmicos	
			Enfição elétrica	
			Aplicação de massa pva	
			Folhas de portas	
			Folhas de esquadrias e vidros	
			Louças e metais, interruptores e tomadas	
			Pintura final interna	
			Carpete e assoalhos	
			Montagem dos balancins	
			Fachada – reboco	
		Fachada	Acabamento de fachada	
			Montagem de elevadores	
		PERIFERIA	Infra estrutura de periferia	Fundações na periferia
				Blocos e baldrames na periferia
				Laje do 1º piso na periferia
			Estrutura de periferia	Estrutura de periferia
	Contenções e escavações			
	Obra bruta na periferia		Alvenaria, reboco e instalações	
			Impermeabilização na área do térreo	
	Obra fina na periferia		Acabamentos no térreo e na periferia	
			Equipamentos comunitários	
			Limpeza final da obra	

Os dados deste quadro são relativos a um exemplo genérico de aplicação. A obra foi dividida em subsistemas que caracterizam suas etapas, serviços, atividades e

tarefas, de forma a possibilitar a seleção e agrupamento das informações dos diferentes níveis de detalhamento (relacionados aos subsistemas, etapas e serviços), para facilitar a operação de programas computacionais na definição e formatação de relatórios (MORAES, 2007).

Após a organização das atividades, é possível programar os serviços com o uso de redes de precedências que, segundo Assumpção (1996) possibilita a padronização de serviços e sequências entre serviços, que podem ser ajustadas para diferentes obras concebidas dentro de um mesmo sistema construtivo.

Pode-se assim estabelecer padrões para determinadas tipologias de obras, definindo os serviços e atividades por meio de fluxogramas que estabelecem inter-relações entre as atividades.

Assim como os subsistemas das obras, os níveis de planejamento são dependentes entre si, diferindo apenas quanto ao nível de detalhamento exposto por cada um. Portanto, serão considerados três níveis para representar a divisão vertical do processo de planejamento: Planejamento de Longo Prazo, Planejamento de Médio Prazo e Planejamento de Curto Prazo.

a) Planejamento de Longo Prazo

O planejamento de longo prazo tem como foco definir os ritmos e processos de produção, sempre vinculados ao orçamento do empreendimento, determinando o fluxo de caixa do projeto e compatibilizando informações com o estudo de viabilidade. Para Moraes (2007) a definição dos ritmos é realizada a partir da avaliação do volume e capacidade de produção da empresa, além de aspectos relacionados às dependências tecnológicas entre atividades.

A realização deste nível de planejamento está diretamente relacionada à fase de planejamento estratégico do empreendimento, onde os objetivos de desempenho são determinados como base fundamental para o desenvolvimento do planejamento da produção.

São mencionados na literatura diversos objetivos de desempenho, os mais comumente citados são: custo, prazo, qualidade e flexibilidade (BARROS NETO *et al.*, 2002) variando sua utilização de acordo com os objetivos das empresas. O custo é um dos principais objetivos utilizados na construção civil para atingir vantagens competitivas relacionadas à formação de preço para o mercado (SLACK *et al.*, 2002).

Segundo Martins e Laugeni (2005), o planejamento estratégico (longo prazo) tem como principal objetivo determinar diretrizes de atuação nos diversos setores da

empresa, visando vantagens competitivas. As empresas de construção definem os objetivos de desempenho de acordo com suas estratégias gerenciais.

Moraes (2007) afirma que, diante da incerteza existente nesse ambiente produtivo, o plano de longo prazo deve apresentar um baixo grau de detalhamento. Tem como principal produto o plano-mestre, no qual são definidos os ritmos de execução dos principais processos de produção, e é utilizado para facilitar a identificação dos objetivos principais do empreendimento (LAUFER, 1997 *apud* MORAES, 2007). A tendência dos planos gerados neste nível é a de considerar objetivos globais e restrições, tratando o empreendimento como um todo (BALLARD, 2000), sendo destinado a alta gerência.

Segundo Laufer e Tucker (1987) uma forma de absorver estas incertezas é garantir a flexibilidade à tomada de decisões através da redundância de recursos. Outra forma de lidar com os efeitos das incertezas é através da utilização de *buffers*, palavra que não se define de forma clara pela língua portuguesa, mas é considerada por Bernardes (2001) como sendo um estoque de tempo, capacidade, materiais, ou produto inacabado, que possibilita uma folga na execução das operações no canteiro de obras, e que pode ser utilizado caso ocorra algum problema nas atividades planejadas.

b) Planejamento de Médio Prazo

O planejamento de médio prazo (tático) busca vincular as metas fixadas no plano mestre com o plano operacional ou de curto prazo (FORMOSO *et al.*, 1999). A função básica do planejamento a este nível está relacionada à essência do sistema *Last Planner*, proposto por Ballard (2000), cujo propósito principal é de aumentar a confiabilidade dos planos e proteger a produção dos efeitos da incerteza, pela remoção das restrições aos pacotes de trabalho elaborados para o plano de curto prazo por meio do *Lookahead Planning*.

O *Lookahead Planning* proposto por Ballard (1997) refere-se ao plano a nível médio, que tem por objetivo antecipar todas as operações a serem realizadas para garantir um futuro próximo, com horizontes variáveis de três meses, de acordo com o controle realizado pela obra (ROCHA *et al.*, 2005).

As atividades definidas no plano mestre (longo prazo) são detalhadas e segmentadas em pacotes de trabalho. O processo de construção que será utilizado e as especificações de métodos construtivos e os recursos necessários a execução das atividades estão presentes no plano de médio prazo (TOMMELEIN e BALLARD, 1997) sendo através do mesmo que os fluxos de trabalho são analisados, visando um

sequenciamento que reduza a parcela de atividades que não agregam valor ao processo produtivo (BERNARDES, 2001).

O direcionamento deste plano está voltado para a programação de material, mão de obra e equipamentos, considerando as restrições de recursos determinadas previamente pelo planejamento estratégico (MORAES, 2007).

Machado (2003) expõe que restrições são elementos que podem causar distúrbios aos fluxos dos processos de produção e gerar perdas. O citado autor sugere que uma forma de eliminar estes elementos é a realização do planejamento de antecipações, que consiste em identificar as restrições, determinar as ações para removê-las, incluir estas ações nos planos de produção e avaliar os resultados.

Para Bernardes (2001), o planejamento de médio prazo possibilita a identificação das restrições em um período necessário para a gerência de obras atuar sobre estas. Machado (2003) identifica 13 categorias de antecipações associadas a uma atividade: aquisição de equipamentos, compra de materiais e ferramentas, recebimento, seleção de materiais para a atividade, transporte de insumos aos postos de trabalho, locação (transferência de medidas do projeto para o canteiro), montagem de equipamentos, disseminação de procedimentos executivos, arremate/acabamento, teste, limpeza, inspeção e desmobilização de equipamentos e ferramentas.

Portanto, a identificação das restrições e a atuação de ações sobre elas para que não comprometam o fluxo de trabalho, é uma forma de proteger a produção contra os efeitos da incerteza no nível do curto prazo (BALLARD e HOWELL, 1997; TOMMELEIN, 1998; BERNARDES, 2001).

c) Planejamento de Curto Prazo

O planejamento de curto prazo ou operacional tem a função de orientar diretamente a execução da obra, propondo a realização de ações direcionadas à proteção da produção contra os efeitos da incerteza (BALLARD e HOWELL, 1997).

Os planos neste nível têm horizontes diários, semanais ou até quinzenais, contanto que as atividades diárias sejam especificadas, descrevendo os pacotes de trabalho executáveis, com a determinação do número de funcionários necessários a realização dos serviços, bem como equipamentos e materiais que necessitam estar disponíveis (BERNARDES, 2001). Estas informações podem ser organizadas em planilhas, para serem monitoradas pelos responsáveis pelo planejamento, auxiliando na identificação de causas do não cumprimento dos planos e garantindo o replanejamento dos mesmos (BALLARD e HOWELL, 1997). O controle deste plano pode ter o auxílio do indicador denominado Porcentagem do Planejamento Concluído

(PPC), calculado pela razão dos pacotes de trabalho completados pelos totais planejados (BERNARDES, 2001). Para a execução dos planos de forma precisa, a designação de pacotes possíveis de serem completados é essencial para a produção de um fluxo de trabalho coerente a capacidade produtiva das equipes de produção (BALLARD e HOWELL, 1997).

4.3.3 Planejamento para aquisição de recursos

A gestão de recursos deve ocorrer nos três níveis de planejamento apresentados. Assim, a programação da aquisição de recursos pode ser organizada em momentos específicos no decorrer do empreendimento (FORMOSO *et al.*, 1999) sendo classificada em três grupos distintos:

- Recursos Classe 1: caracterizam-se por serem insumos com um longo ciclo de aquisição (superior a 1 mês) e de baixa repetitividade de utilização ao longo da obra (BERNARDES, 2001). A frequência de solicitação destes materiais é muito pequena (muitas vezes única), os prazos de entrega são longos e o lote de compra corresponde, geralmente, ao total a ser utilizado na obra (ROCHA *et al.*, 2004). São exemplos: os elevadores e as cerâmicas.
- Recursos Classe 2: apresentam uma média frequência de repetição, com um ciclo de aquisição da ordem de 30 dias (ou inferior); os lotes de compra correspondem a frações da quantidade total a ser utilizada. São exemplos: tijolos e tubos de PVC (BERNARDES, 2001; ROCHA *et al.*, 2004).
- Recursos Classe 3: distinguem-se pelo curto ciclo de aquisição e são constantemente utilizados durante toda a obra. A programação para a aquisição destes insumos é determinada a partir do controle de estoques da obra, e os lotes de compra são muito pequenos em relação à quantidade total utilizada na obra. São exemplos: cimento e areia.

Para assimilar de forma mais concisa o que foi anteriormente mencionado, a Tabela 2 ilustra os níveis de planejamento de um empreendimento e as atividades relacionadas a cada um deles.

Tabela 2 – Níveis de planejamento e suas atividades. Fonte: Rocha *et al.* (2004)

Plano	Horizonte	Objetivos Prioritários
Longo Prazo	Toda a obra	<ul style="list-style-type: none"> • Representar o negócio; • Gerar fluxo de caixa; • Programar a aquisição de materiais classe 1, equipamento e mão de obra; • Orientar o plano de médio prazo.
Médio Prazo	Poucos meses ou semanas	<ul style="list-style-type: none"> • Programar a aquisição de materiais classe 2 e 3, equipamento e mão de obra; • Programar tarefas p/ plano de curto prazo; • Disponibilizar recursos; • Remover restrições.
Curto Prazo	1 dia ou 1 semana	<ul style="list-style-type: none"> • Alocar recursos e executar tarefas.

4.3.4 O responsável pelo planejamento

Formoso *et al.* (1999) observam que o cargo de gerência possui poder de decisão para fazer com que seus planos sejam implementados, no entanto, não possui disponibilidade de tempo necessário para desenvolver atividades relacionadas ao planejamento, tais como, coletar dados, gerar planos de obra ou disseminar informações.

Dessa maneira, é difícil, para a gerência da obra, alocar tempo para a execução do planejamento, especialmente durante a execução do empreendimento, com o fluxo de trabalho intenso (LAUFER e TUCKER, 1988). Isso explica porque o gerente de produção dificilmente consegue desenvolver sozinho o processo de planejamento (BERNARDES, 2001), tornando-se necessário a organização do trabalho em equipe, incluindo a diretoria da empresa, gerentes de obra, engenheiro de planejamento, mestres de obra, sub-empregados, estagiários e líderes de equipe, viabilizando a integração do processo de tomada de decisões com as demais atividades envolvidas no planejamento e controle (FORMOSO *et al.*, 1999).

Laufer e Tucker (1988) salientam que o processo de planejamento e controle deve ser baseado na cooperação entre a gerência e o profissional responsável pelo planejamento, e que este profissional não deve ser chamado de planejador, mas de coordenador ou facilitador do planejamento.

Dentre as considerações abordadas sobre o processo de planejamento e controle da produção, seus conceitos e dimensões, e sua utilização na prática profissional estabelecendo a filosofia de produção da *lean construction* que direciona e promove sustentação ao processo de tomadas de decisão, a utilização de técnicas e ferramentas para operacionalizar o planejamento de forma concisa é essencial. Sendo

assim, serão abordados a seguir a aplicação de técnicas e ferramentas os conceitos e princípios que regem a filosofia no processo de PCP.

4.4 Aplicação de Técnicas e Ferramentas no Processo de PCP

O processo de planejamento e controle da produção envolve, além da base conceitual fornecida pela filosofia da produção enxuta, a utilização de um conjunto de técnicas que auxiliam na preparação dos planos e na organização dos processos produtivos, que serão apresentadas a seguir, como parte fundamental ao desenvolvimento desta pesquisa.

Considerando a divisão dos níveis e etapas de planejamento adotada nos empreendimentos do setor da construção, são propostas ferramentas de aplicação de forma hierarquizada, já que cada nível possui uma função específica no processo, sendo comprovada sua eficácia através de diversos estudos (KOSKELA, 2000; HOWELL, 1999; BALLARD; HOWELL, 1996; ISATTO *et al.*, 2000; PICCHI, 2003; FORMOSO, 2006).

O planejamento deve ser realizado em todos os níveis gerenciais, de forma a conseguir integrar e sintonizar estes níveis uns aos outros (GUINATO, 1996). É sugerida a utilização de determinadas técnicas a cada nível específico do planejamento, de acordo com as especificações exigidas pelos planos, conforme será demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 - Horizontes de Planejamento e Ferramentas de aplicação. Fonte: Rocha *et al.* (2004)

Plano	Horizonte	Exemplos de Ferramentas
Longo Prazo	Toda a obra	PERT/CPM, Linhas de Balanço/ Diagrama de Gantt
Médio Prazo	Poucos meses ou semanas	<i>Look ahead</i> / Planilha de atividades
Curto Prazo	1 dia ou 1 semana	Ordem de serviço

O Gráfico de Gantt ou diagrama de barras é o mais simples método de planejamento, e o mais utilizado na construção civil, tanto para planejamento quanto para controle de obras (MENDES JR., 1999).

As técnicas de rede, baseadas no Método do Caminho Crítico (CPM) são as mais difundidas, devido ao grande número de programas computacionais disponíveis no mercado. Acrescenta-se ainda, a Linha de Balanço como outra técnica destinada à preparação de planos, utilizada em empreendimentos com características repetitivas, tais como edifícios e conjuntos habitacionais.

A combinação destas técnicas, visando o aproveitamento das vantagens individuais de cada uma, tem como objetivo manter o fluxo de trabalho contínuo entre as atividades repetitivas, mantendo-se o controle sobre as atividades (ASSUMPÇÃO, 1996).

4.4.1 Diagrama de barras

O diagrama de barras, também designado de Gráfico de Gantt, é uma ferramenta simples e muito utilizada na programação de obras na construção civil.

A constituição do cronograma de barras é formada a partir da lista de atividades de um projeto, distribuídas em colunas e suas respectivas durações, representadas horizontalmente, podendo ser distribuídas em unidades de tempo conforme seja solicitada pelo planejamento (LIMMER, 1997).

Um aspecto positivo com relação ao uso desta ferramenta está na disponibilidade de programas computacionais que utilizam esta técnica de planejamento. A facilidade de aplicação e visualização do cronograma pelos envolvidos no processo de planejamento incrementa a sua utilização (BRANCO, 2007).

No entanto, esta técnica limita a adequação dos planos diante das atividades realizadas, dificultando o replanejamento, consistindo-se basicamente numa ferramenta de programação. Além disso, falta clareza no que diz respeito à interdependência das atividades, e determinar datas de início e fim dos serviços para justificar a causa de possíveis mudanças no decorrer dos empreendimentos (LIMMER, 1997). A figura 40 ilustra a representação do diagrama de barras, representando no eixo vertical as atividades, e no eixo horizontal apresenta a escala de tempo.

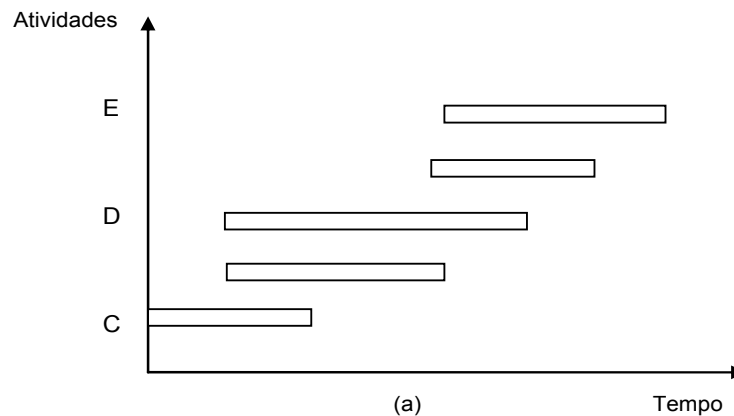


Figura 40. Diagrama de Barras
Fonte: Mender Jr. (1999)

4.4.2 Técnicas de rede

As técnicas de rede são classificadas como PERT/CPM, duas técnicas que se complementam para a realização de planejamento de projetos complexos.

A técnica PERT (*Program Evaluation and Review Technique*), de caráter probabilístico, foi desenvolvida em 1957 para uso do Departamento de Defesa dos Estados Unidos na execução de um projeto para a construção de um míssil (Polaris), decorrente da complexidade do projeto que envolvia a participação de 250 empreiteiros, 9.000 subempreiteiros e 70.000 componentes diferentes (LIMMER, 1997). Trata-se de um diagrama de fluxo que descreve a sucessão das atividades necessárias para a conclusão de um projeto e o tempo ou custos associados a cada atividade, visando a eficiência na utilização de recursos (ROCHA, *et al.*, 2004). O objetivo é atribuir uma duração a cada atividade e determinar em quanto tempo é possível completar uma atividade, projeto ou empreendimento (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Durante o mesmo período de desenvolvimento do PERT, a Du Pont Neymours, uma empresa de produtos químicos em expansão, diante da necessidade de cumprir prazos, inicia a utilização de técnicas de rede em seu planejamento, resultando na criação da técnica CPM (Critical Path Method), de caráter determinístico, cuja tradução em português seria “Método do Caminho Crítico” (MARTINS e LAUGENI, 2005).

O método do caminho crítico é uma estrutura gráfica onde os projetos são representados através de um grafo (ou rede) e a análise deste grafo permite programar um projeto calculando-se as folgas de cada atividade e o seu caminho crítico, que seria o “gargalo” do projeto (ROCHA *et al.*, 2004).

Segundo Limmer (1997) as duas técnicas foram se fundindo, passando-se à denominação PERT/CPM para o tipo de rede onde as atividades são representadas por setas; para a elaboração de uma rede de planejamento são necessárias as seguintes etapas: listar todas as atividades do projeto; estabelecer a ordem de execução das atividades (EAP); determinar a duração de cada atividade; determinar os eventos iniciais e finais da rede; determinar as atividades que podem ser executadas em paralelo; calcular as datas dos eventos iniciais e finais de cada atividade.

Sintetizando o que foi apresentado, pelo método PERT, determina-se a duração das atividades que compõem o projeto. Para identificar o caminho crítico do projeto, aplica-se o algoritmo do caminho crítico, que irá determinar a sequência de atividades, que uma vez atrasadas, podem comprometer a duração final do projeto. Entende-se por caminho a sequência de atividades que ligam o início ao fim do

projeto. Portanto, caso haja algum atraso na duração de qualquer uma das atividades que compõem o caminho crítico, haverá um aumento na duração do projeto (MARTINS e LAUGENI, 2005).

Mendes Jr. (1999) sustenta que as principais vantagens na utilização das técnicas de rede são a determinação da lógica de construção da produção, a visualização dos desvios no tempo e sua influência diante da produção (MENDES JR., 1999).

Portanto, a formulação da rede de precedências é fundamental para a organização do planejamento de acordo com os prazos estabelecidos pela sequência das atividades e o monitoramento e controle das atividades são essenciais para o cumprimento das etapas do projeto no tempo estipulado pelos planos, para não comprometer o prazo final do empreendimento.

No entanto, Bernardes (2001) destaca que o planejamento usando técnicas de redes apresenta um grande número de desvantagens como:

- Necessidade de mão de obra especializada para gerar ou alterar o plano da obra;
- Dificuldade de aplicação da técnica decorrente da variabilidade das durações das atividades e incertezas na estimativa de atividades e recursos;
- Dificuldade de assegurar a continuidade das operações de canteiro, uma vez que a técnica focaliza mais restrições tecnológicas do que restrições de recursos;
- Incompatibilidade com o processo produtivo da construção, visto que a técnica é aplicável a processos mais rígidos que envolvem a montagem de componentes exigindo um sequenciamento detalhado das operações, características estas, diferentes da realidade do ambiente construtivo, no qual a sequência de execução está sujeita a variabilidades;
- Dificuldade de compreensão dos profissionais encarregados do gerenciamento da construção, decorrente da complexidade das redes;
- Dificuldade em explicitar atividades de fluxo de produção.

Koskela (1992) ratifica que as técnicas de rede apresentam uma desvantagem no tocante à dificuldade de explicitar atividades de fluxo (transporte, espera, conversão), minimizando as possibilidades de uma produção enxuta, função esta que pode ser suprida pela utilização da técnica de Linhas de Balanço.

4.4.3 Linhas de balanço

A técnica da Linha de Balanço (LB) foi criada pela Goodyear na década de 1940, e desenvolvida pela Marinha dos Estados Unidos durante a Segunda Guerra Mundial. Suas características, de acordo com Maziero (1990), são: determinar uma razão de produção; manter a produção uniforme, sem cumes e vales; aumentar a produtividade pela redução da descontinuidade no trabalho; tirar benefícios da repetição do trabalho; aperfeiçoar o emprego de recursos; encurtar a duração do projeto pela alocação racional dos recursos.

A linha de balanço impõe um ritmo de execução às atividades repetitivas, em função do prazo a ser cumprido para o término do projeto, ou em função de ritmos que são determinados pela taxa de produtividade adotada pelo planejamento. Entretanto, não se considera tempos de recuperação dos trabalhadores e nem variações de produtividade ao longo do tempo (ICHIHARA, 1997).

As técnicas de programação para atividades repetitivas ou sequenciais baseadas nas LB utilizam o conceito de curvas de produção ou linhas de fluxo (MENDES JR., 1999), caracterizando a produção como uma atividade de fluxos produtivos.

Na construção civil, a LB é uma ferramenta adequada para a programação de projetos de natureza repetitiva, tais como construção de rodovias, ferrovias, tubovias, conjuntos habitacionais e alguns edifícios (LIMMER, 1997). Além disso, fomenta situações de nivelamento de recursos, utilizando modelos relativamente simples em relação aos utilizados nas técnicas de rede. Para Maziero (1990), constitui uma solução interessante para níveis de planejamento estratégico, nos quais é necessário pouco detalhamento. Não obstante, uma limitação na utilização desta técnica está relacionada à escassez de programas computacionais para sua utilização no mercado, o que a torna artesanal e de trabalhosa simulação de alternativas (BRANCO, 2007).

A ferramenta é apresentada na forma de quadros que permitem a visualização das inter-relações entre as atividades, estabelecendo um ritmo de produção que é demonstrado em um gráfico (gráfico de objetivos), com o eixo horizontal representando o tempo e o eixo vertical as unidades produzidas (MENDES JR., 1999).

Bernardes (2001) afirma que a visibilidade está diretamente vinculada ao conceito de LB, que através da análise do comportamento gráfico, possibilita a interferência sobre a maneira como a produção é desenvolvida em termos de espaço e tempo.

A representação gráfica da LB é semelhante à do diagrama de barras, a diferença consiste na inclinação das barras que representam as atividades de produção no gráfico de Linhas de Balanço (MADERS, 1987).

O gráfico da LB (Figura 41) apresenta no eixo vertical as unidades repetitivas, a barra permanece representando uma atividade e o eixo horizontal apresenta a escala de tempo. No entanto, as barras possuem uma inclinação que indicará o ritmo de execução das atividades ao longo das unidades repetitivas (MENDES JR., 1999).

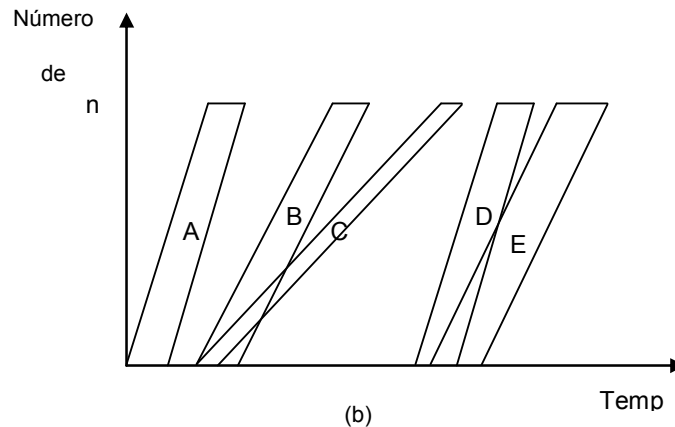


Figura 41. Gráfico de Linhas de Balanço
Fonte: Mendes Jr. (1999)

A representação gráfica das LB pode ser feita por linhas ou barras, no caso de barras, a espessura da mesma indica a duração da atividade para construção de uma unidade (BRANCO, 2007).

Segundo Mendes Jr (1999) o gráfico também denominado diagrama quantidade-tempo, mostra que em um determinado instante "T" haverá uma quantidade "Q" de unidades concluídas. O ritmo de produção para cada processo repetitivo é determinado pela inclinação de cada reta, conforme apresentado pela Figura 42:

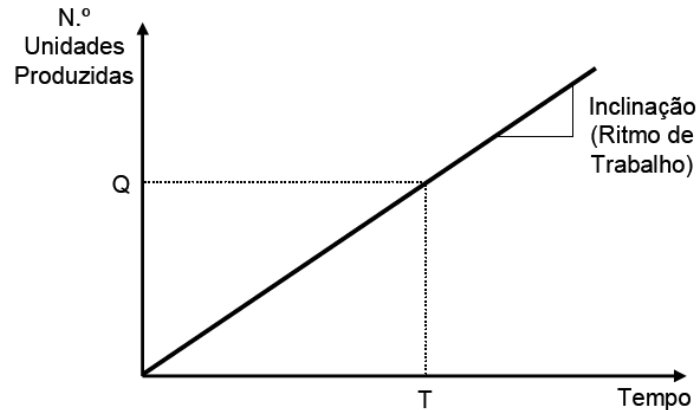


Figura 42. LB conceitual para um processo
Fonte: Mendes Jr. (1999)

Portanto, a técnica LB permite a simulação de várias alternativas de estratégia de obra e ritmos de produção dos diversos serviços. Sendo assim, a programação com as LB consiste primordialmente na alocação das equipes para uma determinada atividade, nas sucessivas repetições, resolvendo qualquer conflito de precedências com as atividades já programadas (MENDES JR.; HEINECK, 1997).

Desta forma, o uso desta técnica pressupõe que todos os serviços são executados em sequência. No entanto, é sabido da incerteza proveniente do ambiente construtivo, e da possibilidade de serviços executados em paralelo na mesma obra culminarem em tempos de espera entre as atividades. A Figura 43 esboça um exemplo de esperas e defasagens entre atividades.

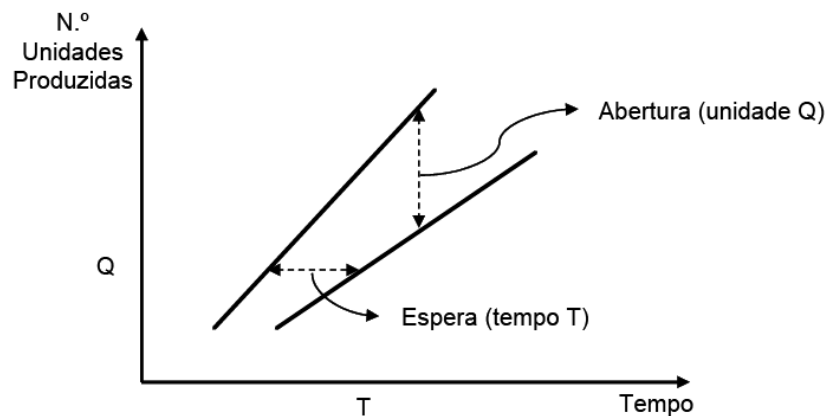


Figura 43. Linhas de produção de processos
Fonte: Lutz (1990)

A distância vertical entre as retas em um determinado instante representa uma espera (*stage buffer*), isto determina o número de unidades em fila entre processos,

aguardando o início das tarefas. A distância horizontal entre as duas retas representa um tempo de abertura (*time buffer*) ou defasagem em determinada unidade (MENDES JR., 1999).

Outra forma de verificação para o balanceamento do ritmo de produção é analisar se uma linha de atividade não intercepta outra linha de uma atividade antecedente conforme Figura 44.

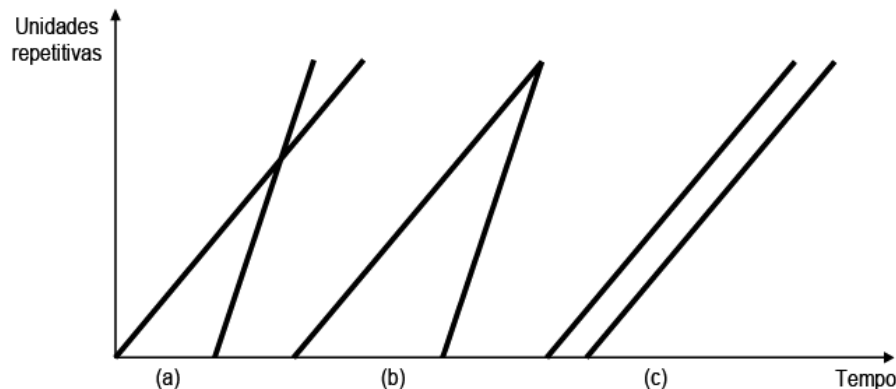


Figura 44. Mudança na programação
Fonte: Mendes Jr.; Heineck (1997)

De acordo com Branco (2007), visualizando tal ocorrência têm-se duas soluções: retardar o início da atividade, mantendo seu ritmo, ou mudar o ritmo de produção acrescentando recursos à atividade.

Portanto, a simulação das linhas de produção de todo o processo acarretará em interferências de uma atividade na outra. Analisar o ritmo de produção, identificando tempos de espera e defasagem, e interferências entre as atividades se faz necessário para alcançar o balanceamento entre as atividades, de modo a executar todas as atividades continuamente, sem interferências (MENDES JR. 1999).

Para aplicação da técnica de LB, são necessárias informações sobre cada atividade no que diz respeito a (MENDES JR., 1999):

- a) Quantidade de serviço a executar;
- b) Produtividade das equipes.

Estas informações são essenciais para se obter a demanda de pessoal requerida para executar cada tarefa, sendo a base para a distribuição dos recursos (MENDES JR., 1999).

A técnica de LB pode ser aplicada na distribuição dos recursos de materiais necessários para a execução das atividades de acordo com Maders (1987), assim como também na alocação de recursos referentes à mão de obra necessária as atividades (KIIRAS; KOIVULA, 1999).

A alocação dos recursos de mão de obra pode ser realizada a partir da representação gráfica ilustrada pela Figura 45, onde na horizontal são indicadas as atividades a serem executadas em uma mesma área de trabalho, que se repetem. Em cada área de trabalho, o serviço é executado pela mesma equipe, composta pelo número de funcionários descritos (KIIRAS; KOIVULA, 1999).

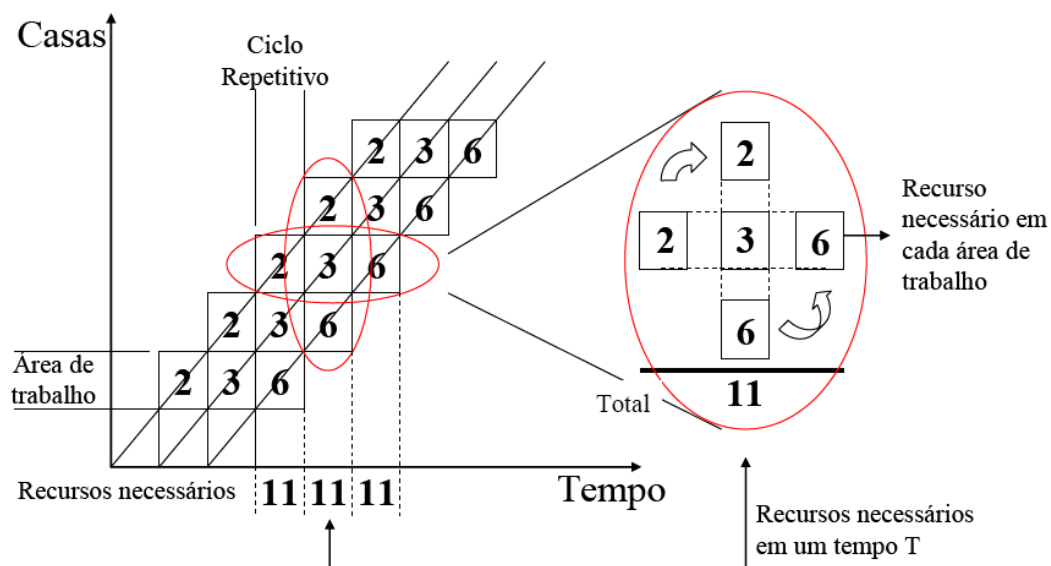


Figura 45. Determinação de recursos necessários em ciclos repetitivos
Fonte: Kiiras; Koivula (1999)

Ao definir-se os recursos necessários na etapa de planejamento pode-se promover um ambiente de produção mais transparente e claro, aprimorando a produtividade das equipes de trabalho, sendo, portanto, uma opção essencial na programação das atividades em obras.

Assumpção (1996) propõe a utilização das Linhas de Balanço para a modelagem de obras com atividades repetitivas, tendo como vantagem o fato de induzir a situações de nivelamento de recursos. Este mesmo autor afirma que estas situações ocorrem sempre que os ritmos de produção forem constantes e uniformes para os serviços da edificação.

Por sua vez, Mendes Jr. (1999) coloca que os maiores benefícios da LB são a fácil interpretação dos gráficos contendo informações de produção e duração para

cada processo repetitivo e a facilidade de programar a continuidade de trabalho das equipes ao longo das repetições nas unidades.

A Tabela 4 apresenta as vantagens e desvantagens da utilização das principais técnicas no processo de planejamento da produção.

Tabela 4 - Vantagens e Desvantagens no uso das principais técnicas. Fonte: Branco (2007)

TÉCNICA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
PERT/CPM	Ajuda a determinar a lógica da produção	Dificuldade em explicitar atividades de fluxo e interdependências entre atividades subsequentes
	Permite a visualização dos desvios no tempo	
Diagramas de barras (Gantt)	Facilita a aplicação e o entendimento do cronograma	Não mostrar com clareza a interdependência das atividades
	Possibilidade de seu emprego como complemento de outras técnicas de programação	Necessidade de determinar as datas de início e fim, assim como as folgas, estabelecidas por outra técnica
Linhas de balanço	Fomenta situações de nivelamento de recursos	A técnica é artesanal e de trabalhosa simulação de alternativas
	Identifica os pontos de conflito entre as atividades	Necessita do suporte de outra técnica para as atividades que não são lineares

Portanto, Assumpção (1996), Mendes Jr. (1999) e Branco (2007) confirmam que a combinação dos princípios da Linha de Balanço – que proporciona tratamento simplificado à programação de obras com atividades repetitivas, com as Técnicas de Rede – que permitem operar com a inter-relação entre as atividades por meio da modelagem matemática e lógica possibilitando a operacionalização dentro de ambientes computacionais, é uma alternativa a ser considerada no ambiente de planejamento.

Deste modo, mediante o referencial teórico abordado com conceitos relacionados à *Lean Construction* e assimilando as técnicas e ferramentas de aplicação prática no processo de PCP, a presente pesquisa utiliza este conhecimento para a elaboração de uma proposta para o planejamento operacional de obras repetitivas, caracterizadas pela produção de habitações térreas que utilizam o sistema construtivo de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco*.

A proposta tem como objetivo associar a aplicação de técnicas e ferramentas para a elaboração do planejamento operacional de curto prazo, definindo os fluxos produtivos pela aplicação de ritmos constantes nas atividades mediante o nivelamento dos recursos. Os recursos são referentes ao insumo de mão de obra necessário ao processo produtivo. A partir da definição da quantidade de recursos necessários, a pesquisa irá propor a organização de células de trabalho, ou seja, grupos de trabalho

direcionados especificamente a execução de unidades habitacionais previamente estabelecidas.

A metodologia utilizada para o desenvolvimento da proposta de pesquisa será apresentada no **Capítulo 5** desta dissertação.

5. ESTUDO DE CASO

Este capítulo contém a formulação da estratégia de pesquisa deste trabalho. Inicialmente, utilizando o estudo de caso como estratégia de pesquisa, apresenta-se uma descrição do objeto de estudo, expondo o processo de planejamento e controle da produção característico da empresa estudada. Posteriormente, são expostas informações sobre os métodos utilizados na coleta de dados, essenciais para a elaboração do modelo apresentado no Capítulo 6 desta dissertação.

5.1 Metodologia do Estudo de Caso

A pesquisa foi planejada para ocorrer em três fases:

- Referencial teórico: Na primeira fase, a revisão bibliográfica proporcionou o conhecimento teórico para a formulação da questão de pesquisa. A revisão permitiu o aprofundamento de conceitos englobam a importância do processo de planejamento e controle da produção na construção civil, a filosofia da produção enxuta e como proporcionar melhorias ao processo produtivo por meio da organização da produção com o auxílio de técnicas e ferramentas específicas.
- Análise dos processos: a segunda fase foi realizada por meio de estudo de caso e teve como objetivo diagnosticar o processo de planejamento e controle utilizado por uma empresa construtora, a Rodobens Negócios Imobiliários na obra de um condomínio habitacional escolhida como objeto de estudo, assim como também, a análise do processo de produção (montagem dos componentes da habitação); a sequência de montagem; o tempo de processamento de cada serviço; a quantidade de operários destinados a cada serviço;
- Desenvolvimento da proposta: após a coleta dos dados referentes ao processo de PCP e ao processo de produção da obra, em decorrência de problemas encontrados no processo e da proposta de melhorias, a pesquisadora desenvolveu uma célula de trabalho na intenção de alcançar um fluxo contínuo na execução das atividades, mediante o sequenciamento do trabalho padronizado e a sintonia entre as equipes. A proposta de modelo será apresentada no **Capítulo 6** deste trabalho.

5.2 Estudo de Caso

Em função dos objetivos traçados para o desenvolvimento desta pesquisa, o presente estudo de caso foi realizado em uma empresa construtora do Estado de São Paulo que atua na construção de habitações. A pesquisa escolheu a empresa Rodobens Negócios Imobiliários pelo fato de a mesma utilizar em seu processo construtivo o sistema construtivo de vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*, que tem como característica principal a racionalização das atividades envolvidas na construção, assim como também, pelo fato de a empresa possuir um nível de organização gerencial satisfatório, uma vez que atua no desenvolvimento de processos de planejamento e controle da produção, havendo um grau de conscientização para a melhoria dos processos por parte da alta gerência, bem como, o interesse em implantar conceitos e técnicas de planejamento que possam diminuir as incertezas com relação ao setor produtivo da empresa. Estes aspectos despertaram o interesse da pesquisadora em vivenciar a rotina das obras realizadas pela Rodobens.

5.2.1 Descrição da empresa e caracterização da obra

A Rodobens Negócios Imobiliários se destaca no setor da construção civil como incorporadora e construtora de empreendimentos voltados para a habitação, com uma perspectiva atual de 31.127 unidades a serem concluídas até julho de 2011. Quanto ao critério do número de funcionários, é considerada uma empresa de grande porte na área de construção por possuir 500 funcionários diretos, sem adicionar os indiretos e terceirizados.

A citada empresa administra, na sua maioria, a construção de empreendimentos de habitações que tem como público alvo a Classe C, um usuário que compra o imóvel financiado e que precisa dele pronto o mais rápido possível para que possa usufruir do seu investimento.

Diante do crescimento da demanda por habitação e abertura de crédito imobiliário, a Rodobens utiliza em seu processo construtivo o sistema de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco*, como uma alternativa de racionalização do processo construtivo, garantindo maior rapidez e qualidade na execução de unidades habitacionais em obras de larga escala, viabilizando a construção e entrega de empreendimentos.

O empreendimento analisado por esta pesquisa foi selecionado por meio de visita técnica realizada a uma obra da empresa, trata-se do “Terra Nova Parque da

Liberdade II” na cidade de São José do Rio Preto, condomínio fechado de habitações térreas composto por 476 unidades a ser construído em duas etapas, a primeira com a conclusão de 248 unidades e uma posterior com 228 habitações, conforme ilustrado na Figura 46:

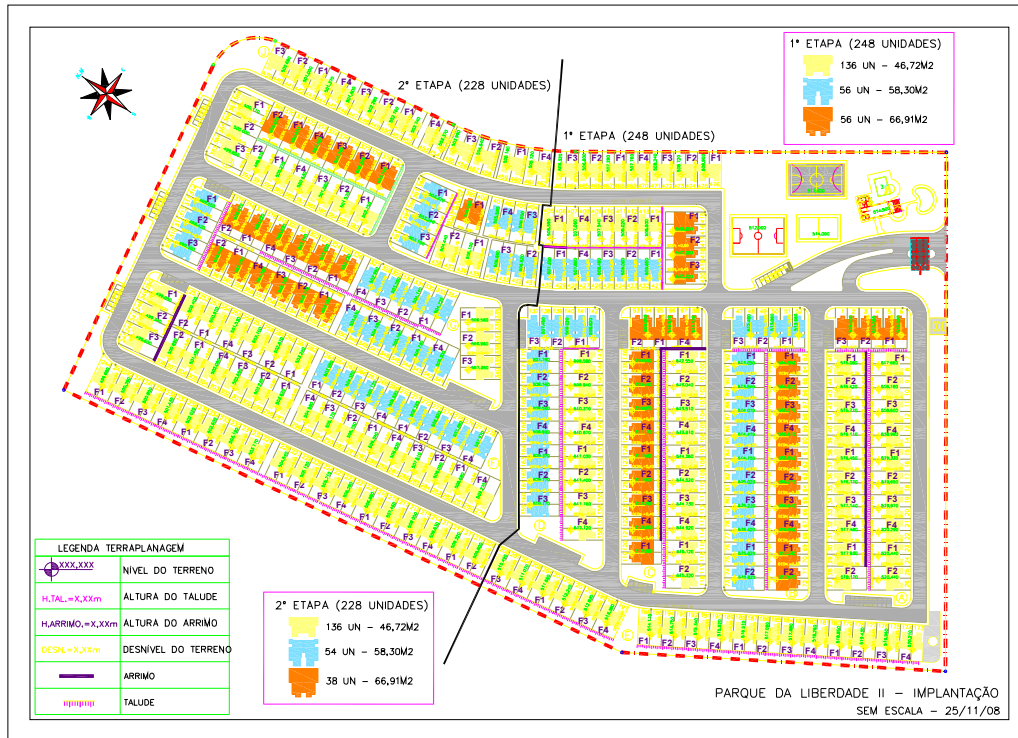


Figura 46. Implantação do Parque da Liberdade II – Empreendimento analisado
Fonte: RODOBENS, 2008

As habitações são produzidas com tipologias que diferem com relação à área construída, variando entre 46,72m² a 66,91m², assim como também em função do número de cômodos com opções de plantas de 2 e 3 dormitórios, sendo todas construídas em lotes padrão de 143m² e utilizando o mesmo sistema construtivo.

- Planta Casa A - 46,72m² - 2 dorms, estar/jantar, cozinha, área de serviço, 1 wc social;
- Planta Casa B1 - 58,30m² - 3 dorms, estar/jantar, cozinha, área de serviço, 1 wc social;
- Planta Casa B2 - 58,30m² - 2 quartos, bwc, estar/jantar, cozinha, área de serviço;
- Planta Casa B3 - 58,30m² - 2 suítes, estar/jantar, cozinha, área de serviço;
- Planta Casa C - 66,91m² - 3 dorms (1 suíte), estar/jantar, cozinha, área de serviço, 1 wc social.

5.2.2 Definição da tipologia habitacional analisada

A tipologia habitacional escolhida para ser analisada, foi a Casa A (Figura 47), com 46,72 m² de área, por ser produzida em maior número do que as demais.



Figura 47. Modelo analisado: Planta-Baixa Casa A.
Fonte: RODOBENS, 2008.

As habitações são geminadas e produzidas de acordo com o projeto arquitetônico, apresentado no Anexo 1 deste trabalho.

O processo de montagem das edificações que utilizam o sistema de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco* pode ser caracterizado como um processo de produção em massa pela formação de uma linha de montagem de produtos padronizados, para atender a necessidade de produção em larga escala. O sistema apresenta uma sequência de montagem dos componentes e serviços bem definidos que determinam etapas de execução subsequentes e dependentes entre si, ou seja, a construção é feita de forma sequenciada onde a finalização de uma fase da construção é fundamental para o início da próxima fase do sistema.

Sendo assim, a Rodobens prioriza atender as necessidades de clientes que exigem rapidez na entrega dos empreendimentos, sem deixar de lado a qualidade da construção, viabilizando a construção e entrega de empreendimentos em prazos reduzidos com relação a sistemas tradicionais de construção.

A escolha por este tipo de processo deve ser subsidiada por um grande volume de produção que justifique o investimento na aquisição das fôrmas e no treinamento da mão de obra especializada para a montagem dos painéis.

A coleta de dados foi realizada num período de três meses, sendo distribuída em etapas de início, meio e fim da primeira fase da obra. Nos meses de setembro a outubro de 2008, foram coletadas informações sobre o processo de montagem das fôrmas, uma vez que este processo era considerado o gargalo da produção e o

conhecimento acerca desta atividade, essencial para o desenvolvimento do estudo de caso. Durante o mesmo período foram realizadas visitas periódicas ao escritório da obra, na tentativa de entender o processo de planejamento e controle da produção e a análise de documentos como planilhas e projetos. Em março de 2009, a obra já se encontrava em fase avançada e foram finalizadas as coletas referentes às atividades que compunham o processo de produção, com o auxílio do mestre de obras e dos encarregados pelos serviços.

Um dos objetivos do estudo de caso foi observar o processo de produção das unidades habitacionais tendo em vista aspectos relacionados à sequência de produção, com a determinação dos tempos necessários para a realização das atividades, a organização do trabalho, ressaltando a divisão entre as equipes e a distribuição das atividades entre os operários, o transporte de materiais e equipamentos no canteiro, as causas de esperas provocando redução de produtividade, a deficiência na inspeção de serviços ocasionando retrabalhos, entre outros aspectos que serão abordados a seguir.

No que diz respeito à sequência de produção, a Rodobens organiza os serviços de forma padronizada, devido à uniformidade dos produtos advinda dos projetos. Os condomínios são compostos por unidades similares, que diferem apenas na adição de cômodos, conforme mencionado anteriormente. A repetição do mesmo produto proporciona uma padronização dos serviços e uma sequência lógica de execução.

A divisão do trabalho é organizada em equipes, contando com a terceirização de serviços por empresas especializadas, assim como também pela contratação de subempreiteiros. Esta organização traz benefícios quanto à produtividade advinda de profissionais especializados, no entanto, devido ao grande porte da obra e à necessidade de lidar com diversas equipes e encarregados, dificulta a coordenação dos serviços executados, mostrando-se deficiente no que diz respeito à alocação das equipes, realizada informalmente, de acordo com a evolução da obra e a sequência de serviços que apareceram no decorrer da construção.

5.2.3 Análise do processo construtivo

Utilizando o recurso fotográfico para registro da sequência das atividades a pesquisa apresenta a seguir a forma de organização dos serviços do sistema construtivo. O processo construtivo realiza serviços preliminares como demolições, construção do canteiro de obra, terraplanagem e limpeza do terreno para posteriormente iniciar a construção das unidades habitacionais.

Sendo assim, mediante visitas técnicas à obra, foi possível observar e acompanhar a construção de habitações e o processo de montagem dos componentes construtivos utilizando fôrmas de plástico na execução das vedações, ilustrados pelas Figuras 48, 49, 50 e 51.



Figura 48. Fundação em radier.
Fonte: Bezerra, 2008.



Figura 49. Detalhe das instalações elétricas e hidráulicas alocadas na fundação.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 50. Fundação em radier: detalhe do ferro-guia para sustentação das fôrmas
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 51. Fôrmas de vedação: detalhe da fixação dos painéis.
Fonte: BEZERRA, 2008.

Na execução das vedações utiliza-se fôrma dupla tipo parede (sem execução de laje), na conformação desejada dos painéis, de acordo com o projeto, com parte do sistema elétrico e hidráulico, como tubulações, quadros, registros e caixas de passagem, já posicionados no local de utilização no interior da fôrma (Figura 52 e 53). O presente estudo de caso descreve a construção de vedações utilizando fôrmas de plástico, o detalhe dos escoramentos e da parte interna das fôrmas pode ser visualizado nas Figuras 54 e 55.

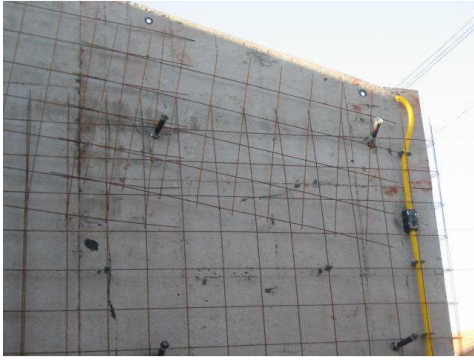


Figura 52. Fôrmas de vedação: detalhe da aplicação das telas de aço e instalações elétricas.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 53. Detalhe das instalações hidráulicas e elétricas.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 54. Fechamento da fôrma e escoramento.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 55. Fôrmas de vedação e estrutural: detalhe da armadura (vista superior do interior da fôrma)
Fonte: BEZERRA, 2008.

Após a montagem das fôrmas, que leva aproximadamente 3 dias, utilizando-se 12 operários, executa-se o recebimento do concreto no interior dos painéis (Figura 56).



Figura 56. Preparação para concretagem das vedações verticais
Fonte: BEZERRA, 2008

Após a concretagem, há uma espera de 12 horas para a cura do concreto. Seguido desta espera, inicia-se a retirada das fôrmas, conforme ilustrado nas Figuras 57 e 58.



Figura 57. Preparação para a retirada das fôrmas (retirada dos escoramentos).
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 58. Retirada das fôrmas.
Fonte: BEZERRA, 2008.

Com a retirada das fôrmas, as vedações da habitação estão concluídas com parte das instalações elétricas e hidráulicas já embutidas. As vedações se apresentam de forma regularizada, evitando o excesso de reparos com argamassa e prontas para receber o acabamento desejado e especificado em projeto, como demonstram as Figuras 59 e 60.



Figura 59. Vedações finalizadas prontas para receber esquadrias e acabamentos.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 60. Vedações finalizadas prontas para receber esquadrias e acabamentos
Fonte: BEZERRA, 2008.

Em seguida a retirada das fôrmas, uma equipe especializada na montagem de coberturas metálicas inicia a execução da cobertura, como ilustrado nas Figuras 61, 62, 63 e 64.



Figura 61. Início de montagem da cobertura metálica
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 62. Finalização da montagem da estrutura da cobertura
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 63. Vista interna da cobertura metálica.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 64. Colocação das telhas tipo Portuguesa.
Fonte: BEZERRA, 2008.

A estrutura da cobertura é pintada, proporcionando um melhor acabamento e durabilidade (Figura 65). Com a finalização da cobertura, podem ser realizados os diversos serviços internos que compõem a habitação; como exemplo, inicia-se a fiação interna conforme Figura 66.



Figura 65. Detalhe do acabamento da cobertura.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 66. Cobertura: vista interna
Fonte: BEZERRA, 2008.

A utilização das fôrmas disponibiliza os vãos para a instalação das esquadrias de alumínio, feita por uma equipe especializada na atividade, conferindo outra fase de montagem da habitação (Figura 67 e 68).



Figura 67. Habitação pronta para receber esquadrias.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 68. Colocação das esquadrias de alumínio.
Fonte: BEZERRA, 2008.

São realizados serviços internos com a aplicação de forro de gesso (Figura 69), piso cerâmico (Figura 70) e serviços de pintura interna e externa conforme Figura 71 e 72 respectivamente.



Figura 69. Aplicação de forro de gesso.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 70. Aplicação da cerâmica
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 71. Pintura interna.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 72. Pintura externa com textura.
Fonte: BEZERRA, 2008.

Com a conclusão dos serviços, inclusive serviços de jardinagem e limpeza, a habitação obtém o resultado final conforme ilustrado pelas Figuras 73 e 74.



Figura 73. Habitação concluída.
Fonte: BEZERRA, 2008.



Figura 74. Habitação concluída.
Fonte: BEZERRA, 2008.

O sequenciamento dos serviços proporciona um ritmo de execução acelerado à obra, atendendo às necessidades de cumprimento de prazos para entrega. Porém, observou-se a dificuldade de organização quanto ao transporte de materiais, sendo comum a realização do transporte pelos mesmos operários responsáveis pela execução do serviço, causando diminuição da produtividade dos mesmos e um atraso no prazo estipulado para a conclusão da atividade, principalmente pelo fato de muitas vezes o operário parar o serviço para esperar a disponibilidade do veículo destinado ao transporte de materiais.

Momentos de atraso também foram identificados no tocante a falta de material, demonstrando uma carência de sintonia entre o planejamento de aquisição de recursos e a execução da obra, causando por sua vez, atrasos e paradas desnecessárias.

Quanto à inspeção dos serviços, observou-se uma preocupação quanto à segurança do trabalho, com a adoção de procedimentos de conferência de andaimes para a concretagem e quanto aos escoramentos das formas. Outro aspecto interessante observado, diz respeito às medições; provavelmente devido à ampla quantidade de medições realizadas decorrente do porte da obra, estas foram realizadas pelos próprios subempreiteiros e encaminhadas ao escritório da obra para conferência; os estagiários da obra foram responsáveis apenas pela coleta de informações referentes às ressalvas de serviços não realizados em habitações praticamente prontas para a entrega.

5.2.4 Coleta de dados

As observações foram acompanhadas pelo preenchimento de um formulário elaborado pela pesquisadora com objetivo de registrar as informações pertinentes ao processo construtivo e serão apresentados a seguir.

Para iniciar a coleta dos dados foi necessário o detalhamento dos componentes da obra e a sequência das atividades desenvolvidas na construção das habitações. Para isso definiu-se que seria apropriado determinar: a EAP (Estrutura Analítica do Projeto)¹ para observar a divisão das atividades na obra, o sequenciamento detalhado e a duração de cada atividade com o número de homens-hora necessários à realização das mesmas.

Para determinar a EAP, foram avaliadas as atividades controladas pela obra e por meio de visitas técnicas realizadas ao escritório da obra e entrevistas feitas aos responsáveis pelo controle do planejamento. Definiu-se o número de atividades envolvidas na construção das unidades, conforme listadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Lista de atividades desenvolvidas na obra. Fonte: Dados elaborados pela pesquisadora.

SERVIÇOS PRELIMINARES	VEDAÇÕES	SERVIÇOS COMPLEMENTARES
Infraestrutura c/ terraplanagem	Cantoneira	Estrutura metálica do telhado
Montagem do Gabarito	Montagem das fôrmas externas	Cobertura (telhas)
Escavação de valas	Ferragens (vedação)	Cobertura (rufos e calhas)
Instalação hidráulica do radier	Instalação hidráulica (vedações)	Cobertura (pint. estrut. metálica)
Instalação elétrica do radier	Instalação elétrica (vedações)	Cobertura (telas de proteção)
Acerto do terreno (radier)	Montagem das fôrmas internas	Enfição
Ferragens (armação do radier)	Prumadores e alinhadores	Forro de gesso
Comcretagem do radier	Montagem dos andaimes	Regularização do piso
	Concretagem	Piso cerâmico/revestimento/soleiras
		Rejunte
		Bancadas
		Massa corrida
		Látex (demão 1)
		Caixilho/portas internas (madeira)
		Caixilho/portas externas/janelas (alumínio)
		Louças e metais
		Acabamento elétrico
		Látex (demão 2)
		Pintura externa
		Garagem
		Limpeza

Os serviços de infra-estrutura e terraplanagem estão destacados na Tabela 5 em amarelo, pelo fato desta etapa da obra ser executada por outra empresa

¹ A EAP pode também ser chamada WBS (*Work Breakdown Structure*) conforme explicada sua função no Capítulo 3 deste trabalho.

construtora em parceria com a Rodobens. Sendo assim, esta etapa não foi analisada e a pesquisa não possui dados referentes a ela, portanto na EAP de projeto não constam os tempos de duração correspondentes a essas atividades². As demais atividades referenciadas na Tabela 5 são executadas na obra para a construção das habitações, por equipes destinadas a executar cada atividade específica, na construção da EAP, o tempo de duração de cada atividade que compõe a habitação é determinado de acordo com os dados coletados na obra. No entanto, a soma das durações das atividades que compõem as habitações não corresponde ao tempo de construção de cada habitação, uma vez que é necessário levar em consideração aspectos técnicos e de organização da produção que proporcionam tempos de espera entre as atividades que deve ser considerado no tempo de execução total das unidades.

A organização da sequência das atividades de construção das unidades habitacionais pode ser exemplificada pela EAP apresentada a seguir, para fundamentar a estrutura de execução das atividades construtivas da empresa conforme Quadro 03.

Observa-se que a execução do empreendimento foi subdividida em subsistemas: subsistema infra-estrutura para produção, subsistema unidade habitacional geminada e subsistema periferia. O módulo “unidade habitacional geminada”, por sua vez, foi subdividido em quatro etapas: infra-estrutura; estrutura; obra bruta interna; obra fina interna. Sendo assim, cada etapa foi dividida de acordo com os serviços que a compunham.

Ressalta-se que existe uma definição para obra fina como sendo a parte da obra que consiste na execução dos serviços de acabamento da edificação, desde o assentamento de azulejos até a revisão final e entrega das unidades habitacionais (BARBOSA, 2005 *apud* MORAES, 2007).

Destaca-se que as atividades a serem programadas neste trabalho estão relacionadas apenas ao subsistema ‘unidade habitacional geminada’ pois a pesquisa possui os dados referentes apenas a esta etapa da obra.

Após a organização da ordem de execução das atividades da obra, foram desenvolvidas planilhas indicando a sequência de montagem das vedações e a mão de obra utilizada para a execução desta etapa da construção, a fim de estabelecer dados específicos para esta pesquisa, conforme representado pela Tabela 6.

² As atividades que não possuem tempo de duração determinados na EAP são as que não fazem parte da execução das unidades habitacionais e não foram contempladas na coleta de dados. Os dados referentes a duração das atividades podem ser visualizados detalhadamente nos formulários apresentados como Apêndice deste trabalho, inclusive com informações referentes ao número de funcionários envolvidos em cada atividade.

NÍVEL 0	NÍVEL 1	NÍVEL 2 (ETAPAS)	NÍVEL 3 (SERVIÇOS)	DURAÇÃO (HORAS)	
CONDOMÍNIO REDIDENCIAL	SUBSISTEMA INFRA-ESTRUTURA	Canteiro /Serviços preliminares	Tapume/Canteiro/Instalações	*	
			Locação da obra	*	
		Infra-estrutura condomínio	Terraplanagem dos lotes	*	
			Contenções com taludes e muros de arrimo	*	
			Drenagem/ e Instalações de água e esgoto	*	
	UNIDADE HABITACIONAL GEMINADA	Infra-estrutura do lote	Montagem do gabarito dos lotes	3 horas	
			Escavação de valas de lotes individuais	6 horas	
		Fundações/ Vedações	Instalações hidráulicas do radier	1,5 horas	
			Instalações elétricas do radier	2 horas	
			Acerto do terreno	3 horas	
			Ferragens (armação do radier)	1 hora	
			Concretagem do radier	0,5 hora	
			Vedações (cantoneira)	3 horas	
			Vedações (montagem das fôrmas)	4 horas	
			Vedações (Ferragem)	2 horas	
			Vedações (instalações hidráulicas)	2 horas	
			Vedações (instalações elétricas)	2 horas	
			Prumadores e alinhadores	9 horas	
			Montagem dos andaimes	1 hora	
			Concretagem	2 horas	
			Vedações (desmonte das fôrmas)	5 horas	
			Cobertura	Estrutura metálica (treliça,caibros e acabamentos)	9 horas
		Estrutura metálica (ripamento)		2 horas	
		Cobertura (telhas)		6 horas	
		Cobertura (rufos e calhas)		6 horas	
		Cobertura (pintura da estrutura metálica)		9 horas	
		Obra fina	Cobertura telas de proteção	9 horas	
			Regularização do piso	4,5 horas	
			Enfição elétrica	4,5 horas	
			Placas de gesso para forro	9 horas	
			Assentamento do piso cerâmico/revestimentos/soleiras	9 horas	
			Rejunte do piso cerâmico/revestimentos/soleiras	4 horas	
			Bancadas	1 hora	
			Aplicação de massa pva	40 horas	
			Látex (demão1)	9 horas	
			Caixilho/portas internas (madeira)	2 horas	
			Caixilho/portas externas/janelas (alumínio)	1,5 horas	
			Louças e metais	1,5 horas	
			Acabamento elétrico (interruptores e tomadas)	2,5 horas	
			Látex (demão 2) pintura final interna	9 horas	
			Limpeza	4,5 horas	
		Fachada/ Paisagismo	Pintura externa	4,5 horas	
			Garagem/Jardim	1,5 horas	
		ÁREA COMUM	Instalações	Construção da área de lazer e guaritas	*
				Pavimentação das vias de acesso do condomínio	*
				Acabamentos no térreo e na periferia	*
				Equipamentos comunitários	*
Limpeza final da obra				*	

Quadro 03. EAP – Estrutura Analítica de Projeto com a sequência de atividades executadas na construção de 1 (uma) unidade habitacional. Fonte: Figura elaborada a partir de dados coletados na obra.

Tabela 6 - Sequência de montagem das vedações com fôrma plástica (Habitação – 47,00 m² geminada)

SISTEMA COM FÔRMAS DE PLÁSTICO		EQUIPE 12 HOMENS		CASAS GEMINADAS 47,00 M2	
				DATA: 12/09/08 Atual. 31/03/2009	
DESFÔRMA DO PAINEL EXTERNO					
INÍCIO (1 HORA)		RETIRADA DE TODAS AS FERRAGENS; ESCORAMENTOS; GRAMPOS			
CASA 1				CASA 2	
STEP		N. PESSOAS		N. PESSOAS	
1	DESFÔRMA DO PAINEL DIVISOR ENTRE AS CASAS				
2	DESFÔRMA BWC 1	1 P.		FÔRMA BWC 1	2 P.
3	DESFÔRMA DORMITÓRIO 1	1 P.		FÔRMA DORMITÓRIO 1	2 P.
4	DESFÔRMA DORMITÓRIO 2	1 P.		FÔRMA DORMITÓRIO 2	2 P.
5	DESFÔRMA COZINHA	1 P.		FÔRMA COZINHA	2 P.
6	DESFÔRMA ESTAR/JANTAR	1 P.		FÔRMA ESTAR/JANTAR	2 P.
CASA 1A				CASA 2A	
STEP		N. PESSOAS		N. PESSOAS	
1	DESFÔRMA BWC 1	1 P.		FÔRMA BWC 1	2 P.
2	DESFÔRMA DORMITÓRIO 1	1 P.		FÔRMA DORMITÓRIO 1	2 P.
3	DESFÔRMA DORMITÓRIO 2	1 P.		FÔRMA DORMITÓRIO 2	2 P.
4	DESFÔRMA COZINHA	1 P.		FÔRMA COZINHA	2 P.
5	DESFÔRMA ESTAR/JANTAR	1 P.		FÔRMA ESTAR/JANTAR	2 P.
				6 FÔRMA DO PAINEL DIVISOR ENTRE CASAS	
1 P.	DESFÔRANDO	2 P. FÔRANDO		Obs: a execução de uma casa leva 3 dias com	
4 P.	(TRANSPORTANDO)	2 P. (PASSANDO DESMOLDANTE)		montagem e desmontagem de fôrmas de plástico	
1 P.	RECOLHIMENTO GRAMPOS	1 P. GRAMPOLANDO			
1 P.	DESGRAMPOLANDO	TOTAL 12 PESSOAS			

A tabela 6 descreve que a montagem da fôrma de habitações geminadas com 47,00 m² (duas habitações) é realizada por 12 homens em 27 horas de serviço (3 dias), considerando que a atividade de montagem é realizada pela execução em sequência de duas unidades; inicia-se o raciocínio da sequência considerando que uma casa (Casa 2) é executada a partir do desmonte de outra (Casa 1) e consequentemente repete-se a mesma atividade.

Posteriormente elaborou-se um formulário para coletar as questões relacionadas a cada atividade específica, sendo aplicado na obra. Os formulários foram preenchidos de acordo com as informações coletadas a partir do contato com o responsável por cada atividade específica, uma vez que a empresa dispõe de equipes distintas para cada serviço, as informações sobre cada atividade encontram-se disponíveis como Apêndices desta pesquisa.

Dentre as informações coletadas neste levantamento se encontram: data e hora da coleta; nome do responsável pela atividade; nome da atividade; tempo de execução previsto e realizado; quantidade de homem hora; ferramentas e máquinas utilizadas; o responsável pela coleta, conforme apresentado pela Figura 75:

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandez		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar			
Atividade :	Gabarito			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	3 horas
(1 carpinteiro e 1 ajudante)			Quantidade de homens	2 Hom.
			Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pela locação do gabarito demarcando a área			
(casas geminadas)	de construção.			
	3 gabaritos por dia com 2 pessoas (casa de 47 m2).			

Figura 75. Modelo de formulário elaborado para coleta de dados.
Fonte: Elaborado por Bezerra, 2008.

A partir da finalização da coleta dos dados referente às atividades, a pesquisa teve como objetivo entender o processo de planejamento e controle adotado pela empresa Rodobens e aplicado na obra em estudo para sugerir melhorias e propor soluções para o aumento da estabilidade do processo produtivo. Assim sendo, serão expostas a seguir as considerações acerca do modelo de planejamento adotado pela empresa Rodobens Negócios Imobiliários.

5.2.5 Descrição do Modelo de Planejamento adotado pela empresa

A pesquisa teve como um dos objetivos do estudo de caso a análise do planejamento realizado na obra. A empresa adota um sistema de planejamento e controle da produção utilizando a ferramenta *Microsoft Excel* para programar suas atividades por meio da elaboração de planilhas que detalham a sequência das atividades e estabelecem ciclos de tempo dos serviços especificados por medições feitas nas obras.

As planilhas são alimentadas com informações advindas de medições diárias para determinar o andamento da execução das atividades conforme planejado, tornando possível o controle dos planos e o re-planejamento caso seja necessário, para o não comprometimento dos prazos de entrega, previamente estabelecidos.

Considera-se que a montagem das vedações da habitação leva aproximadamente 3 (três) dias utilizando fôrmas de plástico e 2 (dois) dias com fôrmas de alumínio para unidades habitacionais com 46,72 m². A produção de habitações na obra não se restringia a uma única tipologia considerando a produção de tipologias diferentes com 58,00 m² e 67 m², conforme ilustrados pelas Tabelas 7 e 8.

Tabela 7 - Cronograma de execução de vedações com fôrma de plástico (Habitação – 58 m²).
Fonte: Rodobens, 2008.

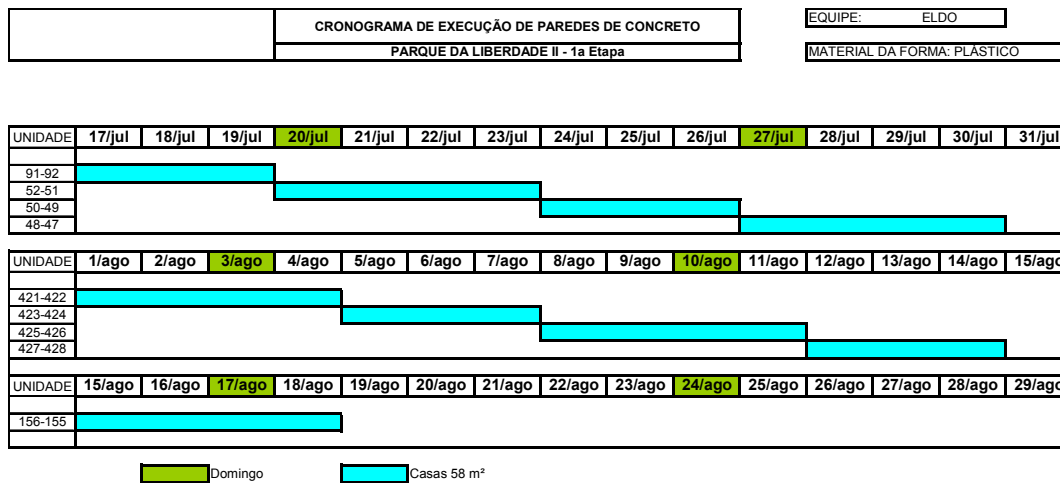
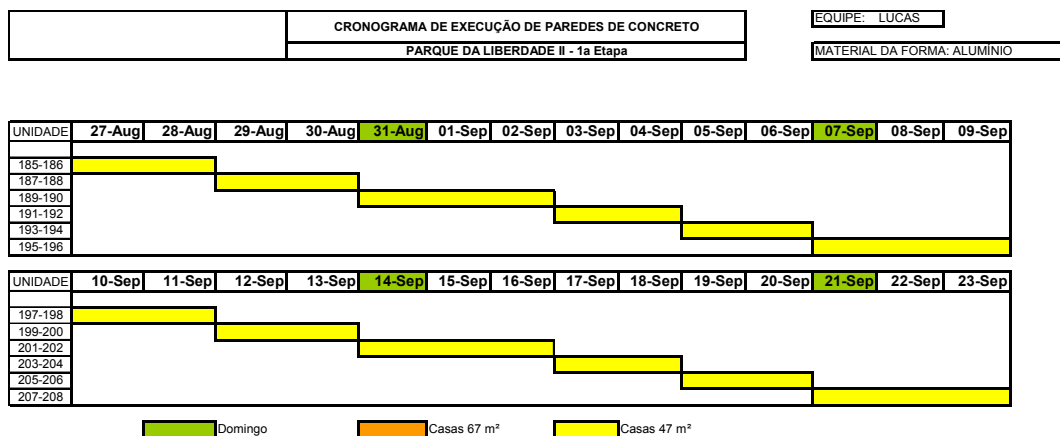


Tabela 8 - Cronograma de execução de vedações com fôrma de alumínio (Habitação – 47 e 67 m²).
Fonte: Rodobens, 2008.



As atividades estão inseridas na Tabela 7 e 8 desconsiderando o trabalho no domingo, a sequência de execução apenas cruza o domingo para facilitar o preenchimento da planilha.

As planilhas são organizadas com informações referentes à produção das formas, sua tipologia (no decorrer da pesquisa foram introduzidas na obra fôrmas metálicas) e as equipes responsáveis pela execução do serviço.

Conseqüentemente, após a conclusão deste estágio da construção, são desenvolvidas e preenchidas as respectivas planilhas com os demais serviços a serem realizados para a conclusão da habitação.

São listadas as atividades que compõem a construção das habitações e relacionadas com o número de unidades correspondentes para a conclusão de cada

empreendimento. Elaboram-se planilhas considerando que cada serviço é concluído num prazo de dois dias, criando-se assim, um ciclo de produção determinado para atividades específicas. Na planilha, horizontalmente são listadas 16 atividades, sendo elas: estrutura metálica; telhamento; embolsamento/rufos/calhas; fôrro de gesso/textura teto; regularização piso; enfição; cerâmica paredes/piso; massa corrida; caixilho; batentes/portas; pintura látex interno; tomadas/interruptores/QDL; garagem; pintura externa; louças e metais; limpeza. Enumera-se verticalmente na planilha o calendário e repete-se o número das unidades habitacionais duas vezes, determinando assim a utilização de dois dias para cada serviço correspondente a cada unidade habitacional, conforme apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 - Planejamento das atividades - Microsoft Excel. Fonte: Rodobens, 2008.

		Estrutura Metálica Cobertura		Telhamento	
	7/ago	qui			
	8/ago	sex			
	9/ago	sab			
1	11/ago	seg	26/25/24/23/22/21/20/19/18/17		
	12/ago	ter	26/25/24/23/22/21/20/19/18/17		
	13/ago	qua	16/15/14/13/12/11/10/09/08/07	26/25/24/23/22/21/20/19/18/17	
	14/ago	qui	16/15/14/13/12/11/10/09/08/07	26/25/24/23/22/21/20/19/18/17	
	15/ago	sex	06/05/04/03/02/01/46/45/44/43	16/15/14/13/12/11/10/09/08/07	
	16/ago	sab	06/05/04/03/02/01/46/45/44/43	16/15/14/13/12/11/10/09/08/07	
2	18/ago	seg	42/41/40/39/38/37/36/35/34/33	06/05/04/03/02/01/46/45/44/43	
	19/ago	ter	42/41/40/39/38/37/36/35/34/33	06/05/04/03/02/01/46/45/44/43	
	20/ago	qua	32/31/30/29/28/27/26/25/24/23	42/41/40/39/38/37/36/35/34/33	
	21/ago	qui	32/31/30/29/28/27/26/25/24/23	42/41/40/39/38/37/36/35/34/33	
	22/ago	sex	68/67/66/65/64/63/62/61/60/59	32/31/30/29/28/27/26/25/24/23	
	23/ago	sab	68/67/66/65/64/63/62/61/60/59	32/31/30/29/28/27/26/25/24/23	

A Tabela 9 ilustra a execução de atividades de acordo com as unidades habitacionais que são executadas; tendo por exemplo a atividade de “estrutura metálica da cobertura”, as habitações são identificadas conforme a numeração utilizada para identificar cada unidade, assim, as unidades habitacionais identificadas como 26/25/24/23/22/21/20/19/18/17 são indicadas em dois dias do mês de agosto (11/ago; 12/ago), o que demonstra que a duração da atividade “estrutura metálica da cobertura” para essas habitações específicas é de dois dias de trabalho e assim sucessivamente com as demais unidades habitacionais.

Por meio de medições realizadas na obra, outras planilhas são desenvolvidas com as informações provenientes do canteiro, que indicam o andamento das

atividades conforme programadas pelo cronograma (Tabela 10); caso não sejam concluídas conforme planejado, o responsável pela medição indica a causa do não cumprimento das atividades.

Tabela 10 - Planejamento semanal das atividades. Fonte: Rodobens, 2008.

		PLANO DE PRODUÇÃO SEMANAL														8/8/2008	
26/9/2008		Parque da Liberdade II														FOLHA 01/XX	
Serviços	RESPONS.	Status						Motivo						Comentários			
		Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sab				
		11/8	12/8	13/8	14/8	15/8	16/8	18/8	19/8	20/8	21/8	22/8	23/8				
Montagem estrutura metálica cobertura																	
Casas 26/25/24/23/22/21/20/19/18/17		Prev	XX	XX													
		Real															
casas 16/15/14/13/12/11/10/09/08/07		Prev		XX	XX												
		Real															
Casa 06/05/04/03/02/01/46/45/44/43		Prev				XX	XX										
		Real															
Casas 42/41/40/39/38/37/36/35/34/33		Prev						XX	XX								
		Real															
Casas 32/31/30/29/28/27/27/27/1/0/69		Prev								XX	XX						
		Real															
Casas 68/67/66/65/64/63/62/61/60/59		Prev											XX	XX			
		Real															
Telhamento																	
Casas 26/25/24/23/22/21/20/19/18/17		Prev			XX	XX											
		Real															
casas 16/15/14/13/12/11/10/09/08/07		Prev				XX	XX										
		Real															
Casa 06/05/04/03/02/01/46/45/44/43		Prev						XX	XX								
		Real															
Casas 42/41/40/39/38/37/36/35/34/33		Prev								XX	XX						
		Real															
Casas 32/31/30/29/28/27/27/27/1/0/69		Prev										XX	XX				
		Real															
Casas 68/67/66/65/64/63/62/61/60/59		Prev															
		Real															

A coleta de informações é realizada diariamente na obra por funcionários direcionados a esta função e inseridas em planilhas independentes. Posteriormente, as informações são preenchidas nas planilhas que realizam o planejamento de longo prazo, ilustrado anteriormente pela Tabela 9, servindo como plano mestre da produção total das unidades. Um exemplo de coletas individuais de medições em canteiro está apresentado nas Tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - Cronograma de execução de atividades. Fonte: Rodobens, 2008.

CRONOGRAMA DE EXECUÇÃO DE ATIVIDADES							
PARQUE DA LIBERDADE II - 1ª Etapa							
CASAS	CONCRETAGEM	ESTR. TELHADO	COBERTURA	REGULARIZAÇÃO	PINT. EST. MET.	RUFOS E CALHAS	FORRO GESSO
							ENFIAÇÃO
1/2	13/ago	Agosto	Agosto	Agosto			
3/4	9/ago	Agosto	Agosto	Agosto			
5/6	6/ago	Agosto	Agosto	Agosto			
7/8	9/ago	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
9/10	7/ago	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
11/12	5/ago	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
13/14	2/ago	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
15/16	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
17/18	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
19/20	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
21/22	Realizado	Agosto	Agosto	Realizado			Agosto
23/24	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado			Agosto
25/26	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado			Agosto
27/28	Realizado	Realizado	Agosto	Agosto			Agosto
29/30	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
31/32	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
33/34	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
35/36	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
37/38	Realizado	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto
39/40	2/ago	Agosto	Agosto	Agosto			Agosto

Tabela 12 - Cronograma de instalação de fôrro de gesso. Fonte: Rodobens, 2008.

CRONOGRAMA INSTALAÇÃO DE FORRO DE GESSO

DATA	CASAS
20/08 QUA	05/01/46/45/44/43
21/08 QUI	05/01/46/45/44/43
22/08 SEX	40/39/36/35/34/33
23/08 SAB	40/39/36/35/34/33
25/08 SEG	32/31/30/29/28/27
26/08 TER	32/31/30/29/28/27
27/08 QUA	66/65/64/63/62/61/60/59
28/08 QUI	66/65/64/63/62/61/60/59
29/08 SEX	58/57/56/55/54/53/52/51/50/49
30/08 SAB	58/57/56/55/54/53/52/51/50/49
01/09 SEG	48/47/92/91/90/89/88/87/86/85
02/09 TER	48/47/92/91/90/89/88/87/86/85
03/09 QUA	84/83/82/81
04/09 QUI	84/83/82/81
05/09 SEX	74/73/111
06/09 SAB	74/73/111
08/09 SEG	104/103/102/101
09/09 TER	104/103/102/101
10/09 QUA	100/99/98/97/96/95/94/93/173/174
11/09 QUI	100/99/98/97/96/95/94/93/173/174
12/09 SEX	175/176/177/178/179/180/181/182/183/184
13/09 SAB	175/176/177/178/179/180/181/182/183/184

Constatou-se que o planejamento e controle da produção adotado pela empresa são baseados em conceitos da construção enxuta e as ferramentas de aplicação (planilhas) são adaptações feitas a partir do *Last Planner* proposto por Ballard (2000) e mencionado no **Capítulo 4** desta pesquisa.

No entanto, esta estrutura de organização produz um grande número de informações que dificultam a manipulação dos dados, uma vez que as planilhas não são interligadas entre si, exigindo um esforço maior dos envolvidos no processo, além de incrementar a possibilidade de erros na inserção das informações nas planilhas.

Nota-se também que os dados de equipes e local de trabalho não são explicitados nas planilhas, os dados são referentes apenas à produção necessária para atender ao cronograma final da obra, sem oferecer suporte ao nivelamento de recursos (material e mão de obra), ritmo de produção e informações de produção como, por exemplo, o local de trabalho de determinada equipe.

No período da coleta de dados, a Rodobens estava orientada por uma consultoria que tinha como objetivo desenvolver o paradigma da construção enxuta na organização. No entanto, o planejamento era realizado pela empresa consultora e encaminhado para a obra para ser executado. Ao chegar à obra, o cronograma, frequentemente, não atendia ao que havia sido planejado e precisava ser reencaminhado para o escritório da consultoria para ser replanejado de acordo com a defasagem dos serviços na obra, constatando assim, uma falta de aderência entre o que se planejava ao que se realizava de fato.

Portanto, sintetizando o observado pelo estudo de caso, para levar o empreendimento a um resultado positivo na intenção de desenvolver um planejamento eficiente, seria necessária a implantação de tecnologias de informação que processassem os dados e interligassem as planilhas para facilitar o controle, manuseio e leitura das informações. No entanto, o uso de programas computacionais facilitaria apenas na coordenação das informações provenientes do canteiro; para que as informações cheguem ao responsável pelo planejamento de forma concisa e de acordo com a realidade da obra, as atividades e sua distribuição junto às equipes de trabalho precisam estar bem organizadas e sintonizadas, proporcionando um ambiente produtivo com atividades em fluxo contínuo de produção.

Diversos problemas e interferências provenientes de deficiências no processo de planejamento e controle foram identificados ao longo da pesquisa de campo realizada no empreendimento. Estas interferências provocam interrupções frequentes no ritmo de produção da obra, atrasando o cronograma e gerando um ambiente de produção desorganizado e de difícil controle. Para atender aos atrasos de produção, a contratação de mão de obra em caráter de urgência e as esperas por materiais e equipamentos, foram aspectos vivenciados no decorrer da pesquisa, traduzindo-se consequentemente no aumento dos custos de produção.

Tendo em vista este cenário, baseado no referencial teórico apresentado nesta pesquisa, utilizando os conceitos e princípios da *Lean Construction* e do processo de planejamento e controle da produção na construção civil, este trabalho propõe o desenvolvimento de diretrizes para a aplicação de um modelo genérico baseado no sistema construtivo com vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco*, pela criação de um fluxo contínuo de produção respaldado pela técnica de linhas de balanço. O objetivo é desenvolver uma composição de células de trabalho que auxiliem na organização do ambiente produtivo no tocante à distribuição dos recursos de mão de obra, facilitando o processo de planejamento e controle da produção por meio de pequenos lotes de trabalho, menores, repetitivos e passíveis de controle. A proposta desenvolvida pela presente pesquisa terá como enfoque a organização das atividades que compõem a etapa de “fundações” e “vedações” e a composição de células de trabalho para cada etapa específica sendo apresentadas no capítulo subsequente.

6. PROPOSTA DE MODELO DESENVOLVIDO COM A UTILIZAÇÃO DE CÉLULAS DE TRABALHO

Esta etapa do trabalho consiste em incorporar os elementos observados no estudo de caso para subsidiar uma proposta de redução da variabilidade no processo de produção através da alocação de recursos (mão de obra), capaz de proporcionar o fluxo contínuo de produção. A proposta tem como objetivo desenvolver células de trabalho que auxiliem no controle da obra de forma eficiente, conforme será apresentado no decorrer deste capítulo.

O desenvolvimento da proposta considera a construção de habitações geminadas conforme a tipologia¹ construtiva utilizada no estudo de caso. A obra emprega o sistema construtivo de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco*, que tem como característica a utilização de fôrmas para as vedações verticais, proporcionando uma sequência de montagem. À medida que a fôrma de uma habitação (geminada) é desmontada, outra em sua sequência será montada, criando um ciclo de produção para as fôrmas. Portanto será utilizado para esta simulação a composição de duas unidades geminadas (4 unidades habitacionais), conforme ilustrado na Figura 76.

CASAS GEMINADAS

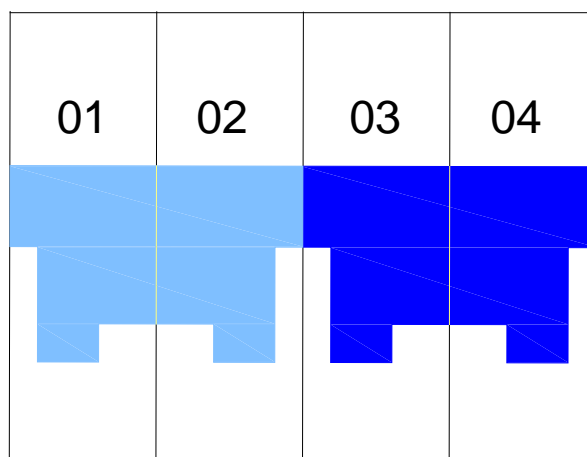


Figura 76. Divisão das unidades de habitações geminadas conforme distribuição do condomínio utilizado no estudo de caso (Condomínio Parque da Liberdade II-São José do Rio Preto-SP)

Considera-se para a estruturação do modelo que as unidades são executadas com sequência padronizada de serviços, desenvolvidos em ciclos constantes de produção, ou seja, produção em fluxo contínuo.

¹ A habitação escolhida para o desenvolvimento do modelo tem 47,00 m² de área e pode ser visualizada pela planta-baixa apresentada no Anexo 1 deste trabalho.

A concepção do modelo propõe a combinação dos princípios da Linha de Balanço, que dá tratamento simplificado à programação de obras com atividades repetitivas, utilizando Técnicas de Rede, que permitem operar com as atividades inter-relacionadas através da modelagem matemática e lógica, abrindo a possibilidade de se operar dentro do ambiente computacional. O modelo desenvolvido tem como base os trabalhos de Assumpção (1996) e Branco (2007).

Os recursos e tempos de produção podem ser estimados em função de características físicas e de parâmetros de produção (ASSUMPÇÃO, 1996). A presente proposta utiliza os tempos de execução que foram definidos a partir da observação da produtividade das equipes envolvidas na execução de cada atividade, por meio da pesquisa de campo. Ressalta-se que a jornada de trabalho diária exercida é de 9 horas de trabalho.

Desta forma, para a organização dos serviços da obra, a pesquisa pretende seguir os seguintes passos:

1. Coletadas as informações sobre as atividades executadas na obra, com o número de operários necessário e o tempo de execução de cada serviço, determinar o ritmo de cada serviço;
2. Com as informações sobre as atividades, construir o gráfico de linhas de balanço para visualizar o comportamento da produção quanto a ritmo, esperas e defasagens entre as equipes;
3. Analisar como a diferença de ritmos decorrentes da distribuição da mão de obra pode ser redimensionada para garantir um fluxo contínuo à produção. O cálculo da produtividade de cada equipe será a base para as modificações necessárias a um ritmo constante de produção.
4. Com o ritmo definido, a sequência entre as equipes e tempo de execução determinados, agrupar as equipes formando as chamadas células de trabalho, destinadas a executar habitações pré-estabelecidas no processo de planejamento, facilitando o controle de produção das equipes e orientando o operário de forma mais precisa dentro da obra.

Foram assim escolhidas as etapas fundações e vedações como base para a organização da proposta visando a constituição das células de trabalho conforme será exposto nos subitens a seguir.

6.1 Fundações

Para uma simulação inicial, foi escolhida a etapa de “fundações”. A intenção é identificar através da construção de uma rede de precedências, respaldada pela utilização das técnicas PERT/CPM, como as atividades estão dimensionadas no tempo, para assim analisar onde é necessária a aplicação do nivelamento de recursos para suprir as esperas, eventuais estoques e antecipações de serviços.

Primeiramente, apresenta-se a etapa de execução das fundações. A Tabela 13 expõe as informações de produção conforme apresentadas na obra² para as atividades que compõem a etapa de “Fundações”.

Tabela 13 - Atividades que compõem a etapa “Fundações” e seus tempos de execução

Serviços Fundações	Tempo (horas)
Montagem do Gabarito	3h
Escavação de valas	6h
Hidráulica do radier	1,5h
Elétrica do radier	2h
Acerto do terreno	3h
Instalação armaduras	1h
Concretagem do Radier	0,5h

Para a representação do Diagrama de Redes, as atividades ou serviços são distribuídos em dois sentidos, vertical e horizontal. O sentido vertical caracteriza uma *trajetória* de execução, que estabelece dependências entre as atividades de mesmo tipo e que se repetem de casa em casa. As ligações em sequência, determinadas pelo sentido horizontal, são utilizadas para dependências entre as atividades de natureza diferente, que por sua vez, são executadas na mesma unidade (casa). As atividades são distribuídas e determinadas suas datas de Início e Fim, representadas entre parêntesis conforme Figura 77.

² As informações referentes às atividades envolvidas no processo de produção podem ser encontradas nos formulários utilizados para coleta de dados localizados no Apêndice 1 deste trabalho.

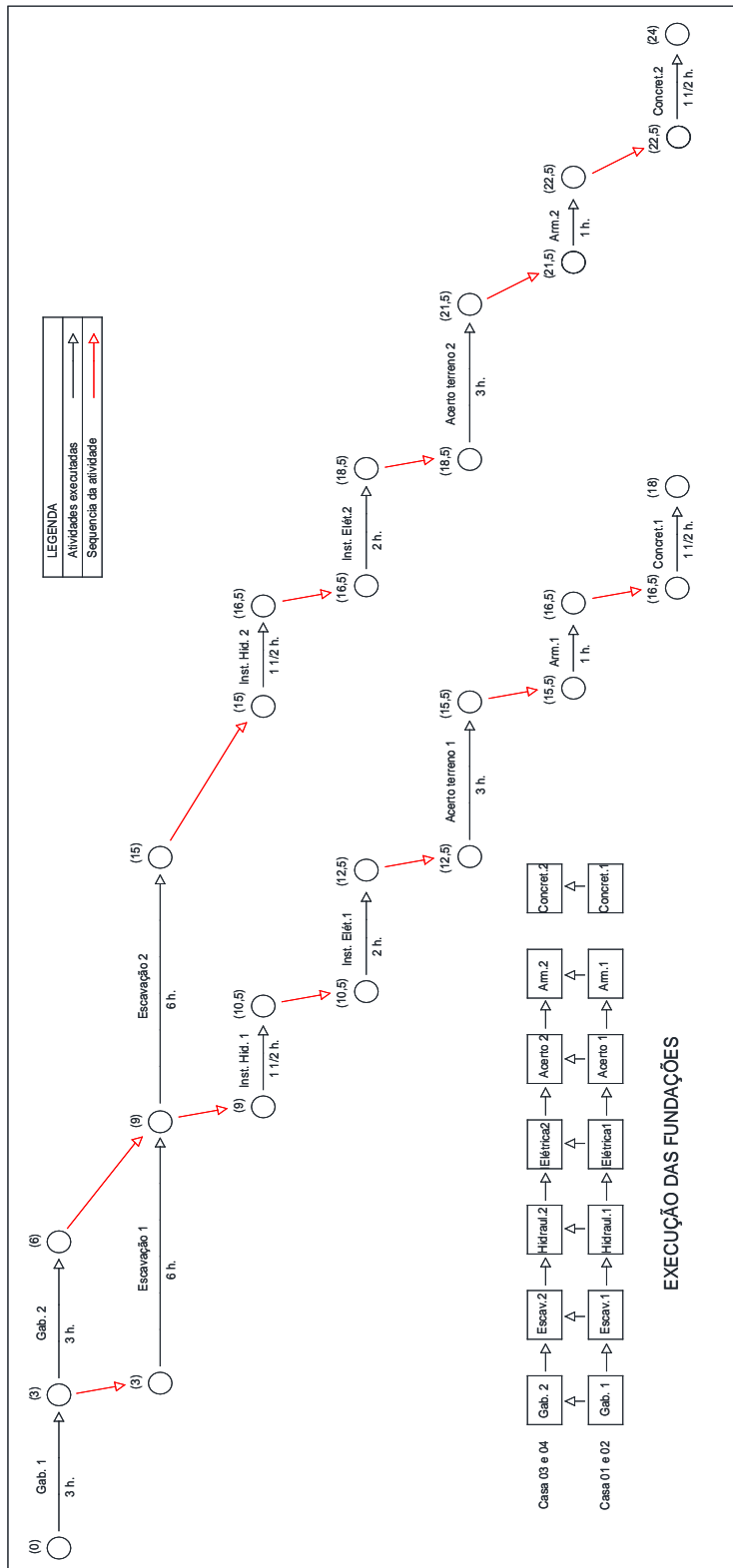


Figura 77. Diagrama de redes representando a etapa “Fundações” de acordo com o estudo de caso.

Ao simular este gráfico, percebem-se diferenças nos tempos de execução das atividades, produzindo esperas pelas equipes envolvidas no processo que, por sua vez, comprometem o andamento dos serviços subseqüentes. No entanto, o fato não é identificado durante a execução da obra, pelo motivo de a produção não ser linear, além da grande escala do empreendimento não permitir tal análise.

A Figura 78 apresenta as informações de produção no formato do gráfico de LB. Desta forma, pode-se verificar como as atividades estão dimensionadas e o seu ritmo de produção.

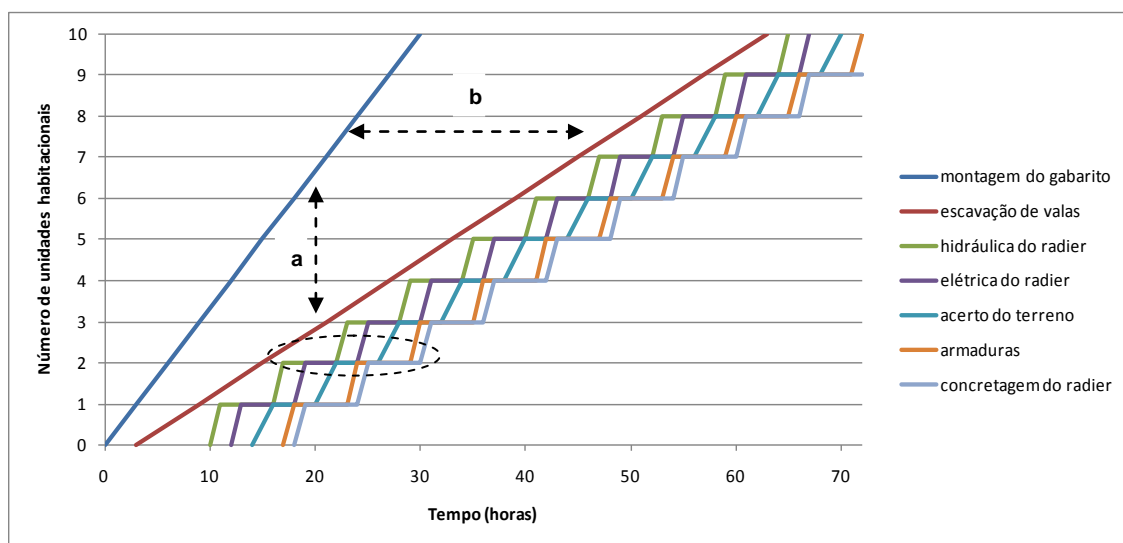


Figura 78: Gráfico de Linhas de Balanço

O comportamento do gráfico pode ser verificado da seguinte forma, no eixo vertical são distribuídas as unidades habitacionais, no eixo horizontal a escala de tempo e a linha representa cada atividade específica e seu comportamento ao longo do tempo.

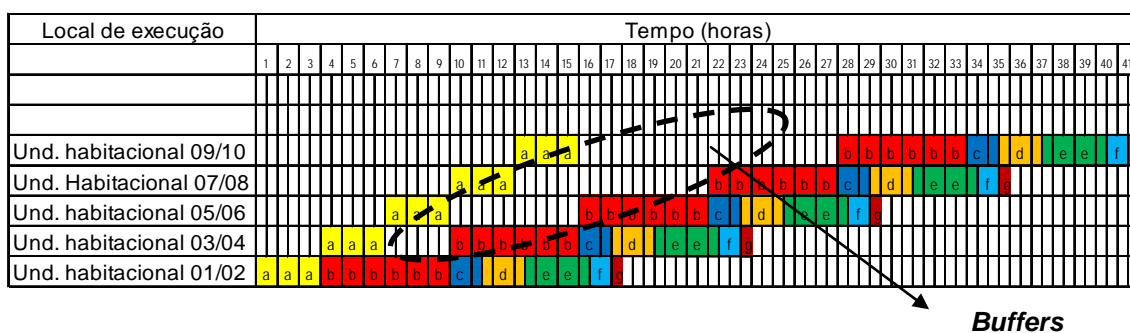
A distância entre as linhas (atividades) indicada por 'a', determina o número de unidades habitacionais em fila, aguardando pelo início da atividade na próxima unidade habitacional. No tocante a distância horizontal representada por 'b', indica o tempo de espera entre as atividades. A formação de patamares (selecionada no gráfico) entre as atividades 'hidráulica do radier' a 'concretagem do radier' indicam que as equipes que executam essas atividades estão ociosas, ou seja, em espera aguardando a possibilidade de execução de uma próxima habitação.

Desta forma, a análise do gráfico representado pela Figura 78, permite visualizar diferentes ritmos de produção entre as atividades, decorrentes do dimensionamento da mão de obra destinada a cada serviço. Conforme abordado

anteriormente, esta diferença de ritmos causa esperas e defasagens na atividade produtiva.

Sendo assim, a pesquisa coloca que para alcançar ritmos constantes de produção, torna-se necessário o redimensionamento da mão de obra conforme o ritmo de produção almejado pelo projeto, para atingir uma produção em fluxo contínuo.

A visualização do gráfico das LB com a distribuição dos recursos de mão-de-obra para a execução da etapa “Fundações” é ilustrado pela Figura 79. No gráfico, é feita a distribuição das unidades habitacionais nas colunas no sentido vertical e no sentido horizontal são distribuídas as atividades a serem executadas e suas respectivas durações correspondentes a cada grupo de unidade habitacional geminada. As atividades, por sua vez, são executadas por equipes distintas, sendo classificadas entre si de acordo com a distribuição representada pela Legenda 02.



LEGENDA 01		
Atividades	Tempo	
1 Montagem do Gabarito	3h	
2 Escavação de valas	6h	
3 Hidráulica do radier	1,5h	
4 Elétrica do radier	2h	
5 Acerto do terreno	3h	
6 Armaduras(aço)	1h	
7 Concretagem do Radier	0,5h	

LEGENDA 02		
Serviços Fundações	Homens	Equipes
Montagem do Gabarito	2	a
Escavação de valas	2	b
Hidráulica do radier	2	c
Elétrica do radier	2	d
Acerto do terreno	15	e
Instalação armaduras	3	f
Concretagem do Radier	10	g

Figura 79: Gráfico de Linhas de Balanço com a distribuição dos recursos da etapa “fundações”.

Ao distribuir as atividades ao longo do tempo (horas) percebe-se a formação de *buffers*. Fazendo uma rápida análise, isso se deve ao fato de o tempo de execução da atividade “escavação” ser muito prolongado. A data de finalização da atividade de escavação nas Und. 03/04 apresenta-se tardia, causando uma espera das equipes C, D e E, que ao finalizarem as Unid. 01/02 permanecem paralisadas à espera da finalização da atividade de escavação (Unid. 03/04). Este evento é proveniente do fato de a atividade “escavação” estar com a mão de obra sub-dimensionada para atender as necessidades do fluxo de produção, comprometendo assim, a execução das atividades posteriores.

Tendo em vista a distribuição das equipes envolvidas na execução das “fundações”, conforme explicitada pela Figura 79, a atividade escavação utiliza em sua execução mão de obra composta por 2 serventes (Tabela 14), conforme dados da pesquisa de campo.

Tabela 14 - Distribuição da mão-de-obra por serviço

Serviços Fundações	Homens	Equipes
Montagem do Gabarito	2	a
Escavação de valas	2	b
Hidráulica do radier	2	c
Elétrica do radier	2	d
Acerto do terreno	15	e
Instalação armaduras	3	f
Concretagem do Radier	10	g
Total de homens	36 homens	

De acordo com a produtividade apresentada pela equipe na execução do serviço, calculada a partir da multiplicação do número de homens necessários pelo tempo de execução, definiu-se que, para melhorar a distribuição da mão de obra durante a programação das atividades e aumentar o ritmo de produção da atividade “escavação”, a equipe antes composta por 2 serventes seria acrescida em 2 serventes, aumentando a produtividade e garantindo uma melhor distribuição dos serviços no tempo. O aumento do ritmo de execução da atividade “escavação” tem como objetivo nivelar o ritmo de execução dos serviços para evitar a formação de *buffers* entre as atividades.

O mesmo foi realizado com as demais atividades que compõem a etapa “fundações”. Todas as equipes foram dimensionadas para atender o tempo de 1,5 horas ou 3 horas para executar a atividade, considerando que, se uma equipe realiza a atividade em 1,5 h, a mesma pode ser alocada em dois grupos de trabalho, participando assim da composição de células de trabalho distintas. A mudança no dimensionamento da mão de obra pode ser visualizada pela Tabela 15.

Tabela 15 - Distribuição da mão-de-obra e produtividade por serviço

Equipes	Serviços Fundações	Núm. de homens	Tempo de execução	Produtividade	Homens p/ execução= P/3
a	Montagem do Gabarito	2	3h	6 Hh	2 Homens
b	Escavação de valas	2	6h	12 Hh	4 Homens
c	Hidráulica do radier	2	1,5h	3 Hh	2 homens
d	Elétrica do radier	2	2h	4 Hh	2 homens
e	Acerto do terreno	15	3h	45 Hh	15 homens
f	Instalação armaduras	3	1h	3 Hh	2 homens
g	Concretagem do Radier	10	0,5h	5 Hh	2 homens
Total de homens necessarios					29 homens

A Tabela 15 descreve a produtividade de cada serviço. A partir disso, calcula-se o número de homens necessários para executar o serviço em 3 horas, dividindo-se a produtividade por 3 (número de horas desejadas). O número de homens selecionados em amarelo indica as exceções na distribuição da mão de obra. A equipe C, por exemplo, teria o seu ritmo de execução de 3 horas se fosse executada por apenas 1 operário; no entanto, o serviço executado por 1 homem poderia comprometer o aproveitamento do serviço, uma vez que não teria nenhum ajudante. Desta forma, considera-se que a atividade terá um ciclo de 1,5 horas e para manter o ritmo da produção, será alocada em outra frente de trabalho nos 1,5 horas restantes para completar o fluxo na etapa “fundações”. A mesma situação ocorre com a equipe “f”, que exerce um ritmo de 1,5 horas por unidade habitacional geminada.

Percebe-se que o aumento da capacidade produtiva de determinada atividade pode ser válido para evitar as esperas, mas a diminuição do ritmo de outra atividade também pode ser considerada e interferir de forma positiva no resultado final da distribuição dos recursos.

Desta forma, o nivelamento dos recursos da mão-de-obra pode ser visualizado pelo gráfico de Linhas de Balanço (Figura 80).

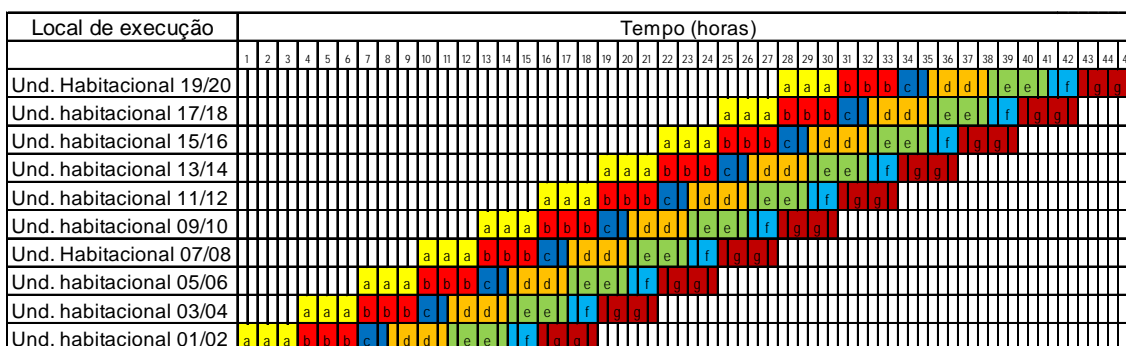


Figura 80. Gráfico de linhas de balanço com a mão-de-obra das atividades redimensionadas.

O redimensionamento realizado nas atividades apresenta uma diminuição significativa nos tempos de espera entre as atividades, diminuindo o tempo de execução da etapa de fundações, que antes seria de 41 horas de trabalho (utilizando 36 homens) na execução de 10 unidades habitacionais, para 30 horas. Sendo executadas 20 unidades habitacionais em 45 horas de serviço (5 dias), com 29 homens envolvidos nos serviços. Provavelmente esta diminuição no tempo de execução causaria um ganho significativo para a obra, no tocante ao cumprimento de prazos.

.A simulação deste exemplo demonstra a possibilidade de trabalhar com todas as atividades envolvidas na construção da habitação e sugerir um arranjo mais uniforme para a produção. A composição destes arranjos pode ser auxiliada pelo agrupamento de outras frentes de trabalho, que possibilitem a utilização das equipes que porventura estiverem ociosas, para criar um fluxo contínuo entre todas as atividades. A organização das diversas equipes de trabalho em pequenos grupos facilitaria o controle da execução da obra.

6.2 Vedações

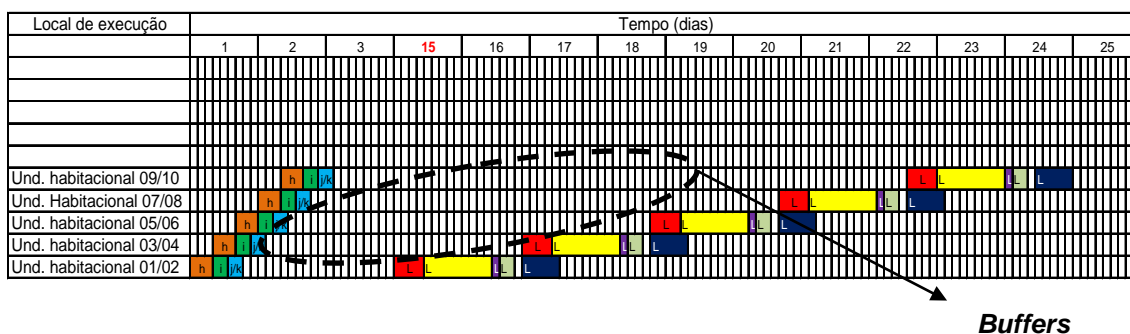
Tendo em vista a criação de células de trabalho, as equipes que compõem a etapa “fundações” caracterizam uma determinada célula, enquanto as outras equipes vão formando outras células e assim sucessivamente. Portanto, conforme realizado com a etapa “fundações”, a simulação a seguir ilustra a utilização da mesma metodologia para a criação de fluxo contínuo com a etapa de “vedações”.

Primeiramente são distribuídas as atividades de acordo com os tempos de execução e número de homens, conforme apresentados na coleta de dados realizada na obra objeto de estudo desta pesquisa. Considerando a execução dos serviços por equipes distintas, a etapa de vedações faz uma ressalva a esta característica, uma vez que a equipe responsável pelas atividades relacionadas a: montagem das fôrmas; prumadores e alinhadores; montagem do andaimes; concretagem; desfôrma dos painéis; são ambas compostas pela mesma equipe, denominada neste trabalho como equipe “L” , contando com o arranjo de 12 homens que executam os serviços em sequência.

Ressalta-se que a execução destas atividades se mostrou bem resolvida dentro da obra, onde as equipes demonstraram total controle sobre a execução, criando um fluxo entre as atividades com ritmo adequado às necessidades da obra. Sendo assim, as modificações quanto à melhoria no fluxo das atividades está relacionada apenas as demais atividades que se relacionam com a equipe das fôrmas.

De acordo com dados da obra, a montagem das cantoneiras deveria ocorrer 24 horas após a concretagem do radier (etapa “fundações”) e a montagem das fôrmas executada 15 dias após a concretagem do radier. Desta forma, a concretagem do radier seria uma atividade considerada um marco dentro do processo de produção.

A distribuição das atividades conforme dados da obra pode ser vista na Figura 81.



LEGENDA 03		
Atividades (Vedações)	Tempo	
1 Cantoneira	3h	h
2 Armaduras(aço)	2h	i
3 Instalações hidráulicas	2h	j
4 Instalações elétricas	2h	k
5 Montagem das fôrmas	4h	L
6 Prumadores e alinhadores	9h	L
7 Montagem de andaimes	1h	L
8 Concretagem	2h	L
9 Desfôrmas dos painéis	5h	L

LEGENDA 04		
Vedações	Homens	Equipes
Cantoneira	4 H	h
Armaduras(aço)	2 H	i
Instalações hidráulicas	2 H	j
Instalações elétricas	2 H	k
Montagem das fôrmas	12 H	L
Prumadores e alinhadores	12 H	L
Montagem de andaimes	12 H	L
Concretagem	12 H	L
Desfôrma dos painéis	12 H	L
Total	22 Homens	

Figura 81. Gráfico de linhas de balanço com a distribuição dos recursos da etapa “vedações”.

De acordo com os dados da pesquisa, a vedação de 10 unidades habitacionais seria executada em 25 dias, considerando 9 horas de trabalho diário, utilizando 22 homens.

Considerando que as atividades realizadas pelas equipes, H, I, J e K ocasionam a formação de *buffers* entre as atividades executadas pela equipe L, uma possível interferência na sequência produtiva poderia ser introduzida por meio da postergação do início das atividades: cantoneiras; armaduras; instalações elétricas; instalações hidráulicas, para serem executadas próximo a data de início das atividades realizadas pela equipe “L” com as fôrmas de plástico.

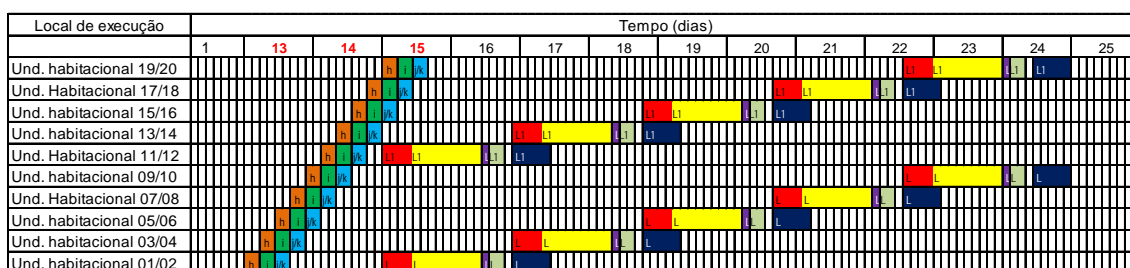
Na visão da pesquisadora, esta modificação pode trazer benefícios. Primeiramente, a aspectos relacionados ao controle das equipes, uma vez que o responsável pelo planejamento teria maior controle sobre as equipes (agrupadas como células de trabalho), as mesmas seriam introduzidas na obra em períodos de tempo próximos e em sequência. Um segundo ponto a ser considerado diz respeito à antecipação da execução dos serviços. Os serviços executados antecipadamente estão sujeitos a intempéries e a diversas interferências ocasionadas pelo meio, que podem comprometer a qualidade do produto; por exemplo, se as instalações elétricas forem executadas com 15 dias de antecedência em relação às fôrmas, ficarão sem nenhum tipo de proteção física, ao ar livre e sujeitas a problemas de funcionamento ou

até mesmo a furtos na obra. A inserção das equipes de forma conjunta na obra também facilita a distribuição das equipes em conjunto, evitando esperas e ociosidade no trabalho.

Sendo assim, com o objetivo de incrementar a capacidade produtiva das equipes de forma eficiente, com fluxos de trabalho contínuos, a Figura 82 apresenta uma proposta para a composição das atividades que compõem a etapa “vedações”.

O ritmo da atividade “cantoneira” foi equiparado ao ritmo das atividades de execução das armaduras, instalações elétricas e hidráulicas. Deste modo, as atividades deveriam ser iniciadas no 13º dia após a concretagem do radier para assim, estarem concluídas no período necessário à montagem das fôrmas (15º dia). As instalações elétricas e hidráulicas são executadas simultaneamente, pois não interferem no trabalho uma da outra.

A equipe das fôrmas, por sua vez, manteria o mesmo ritmo de execução, ressaltando que seria acrescida ao grupo 01(uma) equipe de fôrmas, denominada por este trabalho como “L1”. Desta forma, as vedações de 20 unidades habitacionais seriam executadas em 13 dias (do dia 13 a 25), com uma jornada de trabalho diária de 9 (nove) horas, com 36 operários (6 equipes) na formação de uma célula de trabalho.



LEGENDA 06			
Atividades (Vedações)	Tempo		
1 Cantoneira	3h		
2 Armaduras(aço)	2h		
3 Instalações hidráulicas	2h		
4 Instalações elétricas	2h		
5 Montagem das fôrmas	4h		
6 Prumadores e alinhadores	9h		
7 Montagem de andaimes	1h		
8 Concretagem	2h		
9 Desfôrmas dos painéis	5h		

LEGENDA 07			
Vedações	Homens	Equipes	Equipes
Cantoneira	6H	h	h
Armaduras(aço)	2 H	i	i
Instalações hidráulicas	2 H	j	j
Instalações elétricas	2 H	k	k
Montagem das fôrmas	12 H	L	L1
Prumadores e alinhadores	12 H	L	L1
Montagem de andaimes	12 H	L	L1
Concretagem	12 H	L	L1
Desfôrma dos painéis	12 H	L	L1
Total	24 H	36 Homens	

Figura 82. Gráfico de linhas de balanço com a distribuição de recursos redimensionadas.

Configurado esta distribuição de recursos, a produção de unidades habitacionais seria duas vezes maior, ao mesmo tempo em que o número de operários

aumentaria de 24 para 36, não sendo acrescidos em dobro. Isso mostra como a melhor distribuição dos recursos e ritmos das atividades podem beneficiar a obra quanto ao número de funcionários contratados e prazos de entrega, sendo diretamente relacionados ao custo da obra.

A organização das atividades no gráfico de LB pode ser uma prática cansativa para o planejamento e controle de obras, uma vez que a mesma é feita de forma manual. No entanto, por se tratar de uma obra repetitiva, uma vez estabelecidas as razões de nivelamento de recursos entre as atividades envolvidas no processo produtivo, esta proposta pode ser multiplicada para toda a obra, auxiliada pela aplicação de pequenos lotes de trabalho baseados em células de produção, conforme abordado pela revisão bibliográfica apresentada por esta pesquisa.

Exemplificando, a obra poderia ser dividida hipoteticamente da seguinte forma. A Figura 83 apresenta um fragmento da distribuição das unidades habitacionais geminadas conforme projeto de implantação do condomínio residencial em estudo. As unidades são divididas em grupos (A - azul escuro e B - azul claro) conforme a organização proposta anteriormente. Esta divisão tem como objetivo definir o fluxo de produção da etapa “fundações e vedações” da obra, com a distribuição das atividades envolvidas no processo e a mão de obra necessária para sua execução interligadas em termos de tempo, espaço e informação. A distribuição das células de trabalho tem como base teórica os trabalhos de Hyer e Brown (1999) e Santos; Moser e Tookey (2002).

Para melhor visualização quanto à movimentação das células entre as unidades habitacionais, a Figura 83 destaca um grupo de unidades para exemplificar a proposta da introdução de células de trabalho na produção das habitações.

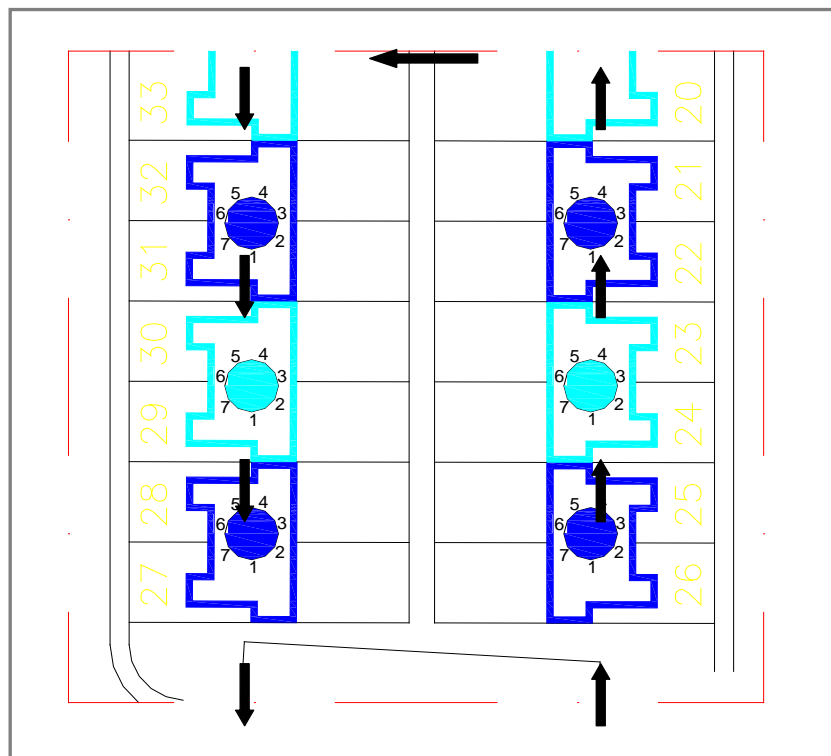


Figura 83. Fluxo de trabalho das atividades que compõem as “fundações”

A etapa referente às “fundações” das unidades habitacionais geminadas é composta por 7 atividades, sendo elas distribuídas em pequenos lotes, delimitados conforme a distribuição das atividades em ritmo constante, originando um fluxo contínuo decorrente da invariabilidade na execução dos serviços. Na medida em que as atividades vão sendo concluídas em uma unidade, as equipes vão se movimentando para as unidades subsequentes que compõem a célula de produção, sendo essencial a inter-relação entre as equipes de forma nivelada, garantindo a produção em fluxo, sem esperas. Deste modo, é possível controlar o andamento dos serviços na obra de forma fracionada, assegurando um controle do processo operacional mais eficiente e passivo de mudanças rápidas na programação dos serviços.

A Figura 84 expõe que a CÉLULA 1, composta por 29 operários, será responsável pela produção de 20 unidades habitacionais e um período de 49,5 horas de serviço (5 dias). Assim, a citada equipe terá como direção a execução das unidades habitacionais estabelecidas pelo planejamento, tendo conhecimento da sua alocação dentro da obra e da responsabilidade de cumprimento das atividades.

Seguindo a mesma linha de organização, segue-se a CÉLULA 2, composta da mesma forma por 29 operários, sendo que as equipes C e F são compartilhadas com a CÉLULA 1, conforme citado na Tabela 14. As células são alocadas na obra por quadra, conforme ilustrado na Figura 85.

A etapa referente às “vedações” das unidades habitacionais geminadas é composta por 9 atividades, sendo elas distribuídas em pequenos lotes delimitados conforme a distribuição das atividades em ritmo constante. A formação das equipes para a etapa vedações é de 24 operários.

Conforme as simulações apresentadas anteriormente neste capítulo, referentes às etapas de “fundações e vedações” da obra, a proposta apresenta a organização das células em conjunto, formadas a partir do agrupamento das equipes de trabalho.

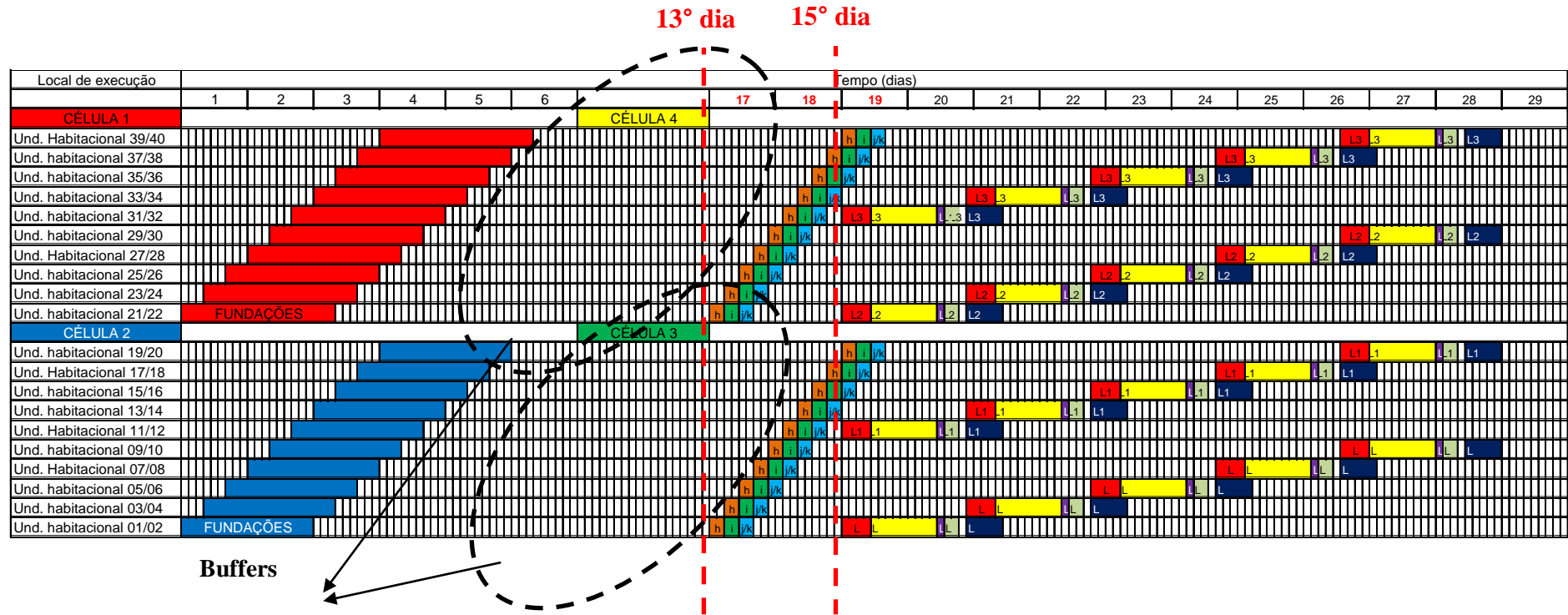
6.3 Análise conjunta das etapas

Como forma de agrupar as diversas formações de células de trabalho, a figura 86 ilustra o comportamento das células em conjunto.

A etapa de “fundações” forma o agrupamento de 2 células de trabalho, denominadas CÉLULA 1 e CÉLULA 2, ambas compostas por 36 operários para a execução das fundações de 40 unidades habitacionais, no período de 6 dias de trabalho com carga horária de 9 horas diárias.

No tocante a etapa “vedações”, as equipes são representadas pela CÉLULA 3 e CÉLULA 4, compostas por 36 homens cada. O início do trabalho para estas células tem como ressalva que a montagem das fôrmas das vedações ocorre apenas após o 15º dia da concretagem da fundação de cada unidade habitacional, individualmente. Por isso, as atividades que antecedem as fôrmas são executadas no 13º dia após a concretagem, para que no 15º dia estejam disponíveis para a montagem das fôrmas.

O agrupamento de células das etapas “fundações e vedações” podem ser visualizados pela Figura 86.



CÉLULA 1				CÉLULA 2				CÉLULA 3				CÉLULA 4			
Atividades	Homens	Equipes		Atividades	Homens	Equipes		Atividades (Vedações)	Homens	Equipes		Atividades (Vedações)	Homens	Equipes	
Montagem do Gabarito	2	a1		Montagem do Gabarito	2	a		1 Cantoneira	3h	h	h	1 Cantoneira	3h	h	h
Escavação de valas	2	b1		Escavação de valas	2	b		2 Armaduras(aço)	2h	i	i	2 Armaduras(aço)	2h	i	i
Hidráulica do radier	2	c		Hidráulica do radier	2	c		3 Instalações hidráulicas	2h	j	j	3 Instalações hidráulicas	2h	j	j
Elétrica do radier	2	d1		Elétrica do radier	2	d		4 Instalações elétricas	2h	k	k	4 Instalações elétricas	2h	k	k
Acerto do terreno	15	e1		Acerto do terreno	15	e		5 Montagem das fôrmas	5h	L	L1	5 Montagem das fôrmas	5h	L2	L3
Instalação armaduras	3	f1		Instalação armaduras	3	f		6 Prumadores e alinhadores	9h	L	L1	6 Prumadores e alinhadores	9h	L2	L3
Concretagem do Radier	10	g1		Concretagem do Radier	10	g		7 Montagem de andaimes	1h	L	L1	7 Montagem de andaimes	1h	L2	L3
Total de homens	36 homens			Total de homens	36 homens			8 Concretagem	2h	L	L1	8 Concretagem	2h	L2	L3
								9 Desfôrmas dos painéis	5h	L	L1	9 Desfôrmas dos painéis	5h	L2	L3
								Total	36 Homens			Total	36 Homens		

Figura 86. Gráfico de linhas de balanço com a distribuição dos recursos dimensionados de acordo com os ritmos determinados pela pesquisa e o agrupamento das equipes para a formação das células de trabalho.

Pode-se averiguar, visualizando a Figura 86, que há uma formação de *buffers*. No entanto, a criação de *buffers* também auxilia na manutenção do fluxo contínuo, uma vez que a equipe de produção de determinada atividade é inserida no contexto da obra apenas quando for necessário.

Neste caso, a inserção das equipes de execução de cantoneiras, armaduras de aço, instalações elétricas e hidráulicas, ocorre na obra apenas quando necessário e juntamente com os outros integrantes da célula, de acordo com a sequência produtiva.

A necessidade de prazo pode determinar a criação de outras células para aumentar o ritmo de produção da obra. Sendo assim, células com a mesma composição seriam alocadas em pontos diferentes da obra para alcançar um maior ritmo.

Portanto, a simulação do gráfico de Linhas de Balanço determinando o ritmo de produção das atividades e o dimensionamento da mão de obra para atender ao fluxo de produção desejado, possibilita a criação de agrupamentos das equipes de trabalho denominadas por esta pesquisa como células de trabalho. Esta formação por sua vez, facilita o controle das informações da obra no tocante a quem executará o serviço, qual atividade será executada, onde e quando executar.

A informação sustenta a tomada de decisão quando identifica alguma irregularidade no que foi planejado para a obra. Fortuitos atrasos na execução das atividades, quando detectados previamente, podem ser solucionados de forma rápida e direta pelo gerenciador responsável.

Desta forma, as simulações apresentadas como proposta para o planejamento da obra em estudo demonstraram um ganho significativo no prazo de execução, tendo como objetivo principal proporcionar menos interferências e quebras no fluxo de produção.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresenta os resultados desta dissertação e as considerações pertinentes aos objetivos alcançados com esta pesquisa. O trabalho realizado propôs um modelo para o planejamento de obras repetitivas utilizando as técnicas de Linhas de Balanço (LB) e a utilização de células de trabalho. Ao final deste capítulo, sugere-se a realização de trabalhos futuros que venham a contribuir para o avanço desta área de pesquisa.

7.1 Linhas de balanço e células de trabalho

O desenvolvimento deste trabalho teve como base as questões de pesquisa apresentadas no item 1.2 onde se indagava como aperfeiçoar a utilização dos recursos no planejamento de empreendimentos em busca da maior produtividade e eficiência dos processos produtivos? Como organizar os fluxos de trabalho em obras de natureza repetitiva em busca desta eficiência?

Para responder as questões levantadas pela pesquisa este trabalho teve como objetivo desenvolver diretrizes para a aplicação de um modelo de planejamento e controle da produção de um empreendimento executado com vedações verticais de concreto armado moldadas *in loco* baseados na introdução de células de trabalho.

Como forma de alcançar esse objetivo, a pesquisa foi desenvolvida a partir do entendimento a respeito do sistema construtivo utilizado como objeto de estudo e a organização do processo produtivo na construção de habitações.

Para isso, primeiramente identificou-se o tempo padrão de execução das atividades envolvidas na construção de uma unidade habitacional e a seqüência das atividades, utilizando as técnicas PERT/CPM. A utilização desta técnica demonstrou a inter-relação entre as atividades e a determinação da lógica de construção, a visualização de desvios no tempo, decorrente da distribuição da mão de obra e sua influência diante da produção.

No entanto, o referencial teórico utilizado por esta pesquisa coloca que a utilização das técnicas de PERT/CPM dificulta a visualização de atividades em fluxo, diminuindo as possibilidades de implantação da produção enxuta no ambiente construtivo, função que pode ser suprida pela técnica de Linhas de Balanço.

Sendo assim, ao utilizar às técnicas PERT/CPM, a pesquisadora buscou averiguar está dificuldade de visualização, e constatou-se que ambas as técnicas possibilitam a interpretação das atividades produtivas em fluxo. No entanto, as técnicas de Linhas de Balanço se mostraram mais eficazes na representação gráfica

da distribuição dos recursos, sendo utilizadas com ênfase no desenvolvimento da proposta de pesquisa, proporcionando assim uma melhor análise para alcançar o nivelamento dos recursos entre as atividades, reduzindo a variabilidade de execução para atingir uma produção contínua.

As técnicas de Linhas de Balanço são consideradas por autores como Branco (2007) de difícil manipulação devido à ausência de programas computacionais, caracterizando o uso da técnica como artesanal e de difícil simulação de alternativas, uma vez que qualquer alteração realizada em determinada atividade modifica o comportamento das demais criando a necessidade de reformulação dos planos manualmente. No caso das técnicas PERT/CPM essa reformulação acontece de automaticamente devido a utilização de softwares específicos para essa técnica.

No entanto, esta situação não foi constatada por esta pesquisa uma vez que as atividades forma organizadas em pequenos lotes de trabalho, facilitando na manipulação dos dados e mudanças decorrentes da variabilidade de atividades. As mudanças nos planos são realizadas apenas na célula de trabalho específica. Outro aspecto a ser considerado diz respeito à padronização dos processos e a repetição das atividades durante a obra, por se tratar de uma obra de natureza repetitiva as modificações tornam-se pontuais e eventuais facilitando à utilização das técnicas de LB no tocante a manipulação dos dados.

As observações quanto aplicabilidade da proposta de planejamento desenvolvido por esta pesquisa realizou-se por meio de simulações realizadas com a utilização das técnicas de LB no desenvolvimento da proposta.

Com as simulações realizadas por meio dos dados coletados na obra, puderam-se identificar as seguintes informações:

- A coleta de informações realizada na obra foi essencial para a visualização de um cenário real, ou seja, para realizar o planejamento baseado em índices de produtividade possíveis de ser alcançados na execução da obra.
- A utilização da técnica de LB proporcionou a visualização do comportamento da produção quanto a ritmo, esperas e defasagens entre as equipes oferecendo transparência ao processo produtivo.
- O gráfico de LB permitiu a visualização da distribuição dos recursos relacionados a cada atividade e o redimensionamento do mesmo para adequar a produção a um ritmo constante e proporcionar um fluxo contínuo ao processo de trabalho.
- A organização do processo de trabalho auxiliou na distribuição dos recursos de mão de obra de forma direcionada com a utilização de células de trabalho, o

agrupamento de equipes destinadas a execução de serviços específicos e locais de trabalho pré-determinados facilitando o controle dos serviços na obra. Além disto, esta forma de organização impõe uma responsabilidade ao operário em executar o serviço que está sendo controlado de forma organizada desenvolvendo assim, uma maior parceria entre os envolvidos no processo produtivo.

- A visualização do local de execução, o ritmo de produção, a equipe responsável pela execução e a data em que os serviços serão executados são informações decorrentes do planejamento realizado com a utilização da técnica de LB. Estas informações são essenciais para o desenvolvimento do planejamento de obras e uma vez que essas são de natureza repetitiva, o planejamento uma vez estabelecido pode ser replicado em diversas obras de mesma tipologia.

Desta forma, é possível afirmar que o processo de planejamento e controle está diretamente associado aos resultados da produção. As informações provenientes do campo são essenciais para o desenvolvimento de um planejamento eficiente e condizente com a capacidade produtiva da empresa.

Portanto, de uma forma geral, a organização da produção a partir do nivelamento dos recursos de mão de obra envolvido na atividade produtiva proporcionou a formação de uma proposta de planejamento desenvolvido a partir de diretrizes traçadas pela pesquisa. Estas diretrizes por sua vez, possibilitam a organização de informações provenientes de outras obras que utilizem o sistema construtivo de vedações verticais em concreto armado moldadas *in loco* na formulação do planejamento que podem ser replicados em outras obras e outras empresas.

O planejamento desenvolvido por esta pesquisa com a utilização de células de trabalho baseou-se na execução de etapas da obra no menor prazo possível sem limitação de recursos de mão de obra, ou seja, o nivelamento da produção não considerou restrições em relação aos recursos de mão de obra disponíveis pela empresa construtora pelo fato da empresa, objeto de pesquisa, não trabalhar com esse tipo de restrição, tendo sempre como foco a produtividade.

No entanto, no desenvolvimento deste modelo de planejamento utilizando células de trabalho, podem ser consideradas restrições de acordo com a capacidade produtiva de cada empresa específica, podendo ter como foco o prazo de conclusão da obra, maior produtividade, qualidade, a utilização de operários polivalentes ou a restrição no número de trabalhadores.

A organização das equipes de produção deve levar em consideração aspectos diversos referentes ao processo produtivo, a estratégia competitiva e ao cenário que se encontra cada empresa. Como por exemplo, uma empresa que possui operários multifuncionais, que podem ser alocados em diferentes frentes de trabalho, uma vez que desenvolvem atividades diversas, tem como foco na organização da produção o melhor aproveitamento destes operários. Esta estrutura difere com relação a proposta desta pesquisa que baseou-se na utilização de operários especializados, direcionados a execução de atividades específicas e que não seriam alocados em células de trabalho diferentes.

Este exemplo demonstra a flexibilidade do planejamento que utiliza células de trabalho, assumindo uma característica de adaptação às mudanças estratégicas de cada empresa indicando assim que a constituição de células de trabalho é variável e flexível a qualquer construtora que tenha como objetivo a organização da produção de forma fracionada e um maior controle da atividade produtiva.

Com isso, os resultados deste trabalho indicam que a utilização de Linhas de Balanço pode contribuir para o aperfeiçoamento da utilização de recursos no processo de Planejamento e Controle da Produção (PCP) oferecendo maior produtividade e eficiência aos processos produtivos.

Foi possível verificar através das simulações realizadas neste trabalho que ao analisar o processo produtivo com o auxílio da técnica de Linhas de Balanço obteve-se uma visão geral do comportamento das atividades realizadas na obra. Desta forma, pode-se adequar a capacidade produtiva as necessidades de produção criando um fluxo contínuo entre as atividades e proporcionando maior eficiência a obra.

Os empreendimentos de construção buscam por maior qualidade nos serviços e produtos para assim, as empresas se destacarem e permanecerem competitivas diante do mercado consumidor. Portanto, o desenvolvimento desta pesquisa contribui para o processo de PCP no tocante a conscientização e o comprometimento das equipes de produção na execução da obra e a criação de fluxos de produção estáveis e confiáveis.

Desta forma, considera-se que esta linha de pesquisa proporciona avanços significativos na forma de contemplar o processo de planejamento, as ferramentas são disponibilizadas para o uso no processo de PCP, com suas vantagens e desvantagens, cabendo ao responsável pelo planejamento encontrar maneiras de usá-las de forma eficiente e de acordo com as necessidades impostas por cada tipologia construtiva. Adicionado a isso, os referencias teóricos são essenciais no desenvolvimento de novas pesquisas por isso, a importância de estimular trabalhos futuros na área. No item 7.2 são expostas sugestões para trabalhos futuros.

7.2 Sugestões de trabalho futuros

O desenvolvimento de trabalhos que venham agregar valor a pesquisas na área de PCP são validadas por sua aplicação prática no desenvolvimento da indústria da construção civil.

Neste trabalho, foram abordados aspectos relacionados à utilização de células produtivas, que por sua vez, trata-se do arranjo de pessoas, máquinas, materiais e métodos dentro do processo produtivo. A presente pesquisa tratou especificamente do arranjo de pessoas (recursos de mão de obra) na formulação da proposta de pesquisa, no desenvolvimento de células compostas pelo arranjo de operários envolvidos no processo produtivo. Portanto, julga-se interessante o estudo referente à distribuição dos recursos de materiais, máquinas e equipamentos dentro do contexto de formação de células produtivas para obras de natureza repetitiva, com o auxílio das técnicas de Linhas de Balanço.

Outro aspecto a ser abordado trata-se da utilização de LB para proporcionar uma melhor visualização do ritmo das atividades produtivas e determinar a alocação das equipes na obra de forma eficiente. No entanto, esses recursos são visualizados de forma restrita pelo responsável pelo processo de PCP, enquanto isso, a distribuição espacial das equipes de produção não se apresenta disponível para a visualização das mesmas.

Assuntos relacionados à gestão visual, que tem como objetivo apoiar os funcionários por meio do controle visual, para que tenham uma melhor a visibilidade dos processos e informações de produção envolvidos no projeto. Podem ser utilizadas algumas ferramentas na gestão visual citadas pela literatura como o Kanban, Call light, Andon, Digital Display Panels e Visual controls in poka-yoke devices, podendo ser apreciados nos trabalhos de Grief (1991) e Santos (1999).

A elaboração do projeto do empreendimento levando em conta aspectos de construtibilidade são fatores essenciais para a execução de obras, o processo de projeto atrelado a construção torna-se fundamental para o desenvolvimento do planejamento. Desta forma, torna-se pertinente o estudo de ferramentas de apoio visual ao envolvidos no processo de projeto e planejamento. A combinação das técnicas de Linhas de Balanço com sistemas 4D CAD (*Computer Aided Design*), utilização do CAD em quatro dimensões, poderiam estabelecer relações entre o projeto e o planejamento contribuindo de forma eficiente para a distribuição dos recursos no espaço. Este assunto pode ser encontrado em (Björnfot; Jongeling, 2007).

8. REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. E. D. (2008). *Nivelamento de capacidade de produção utilizando Quadros Heijunka*. 2008. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.

ASSUMPÇÃO, J. (1996). *Gerenciamento de Empreendimento na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios*. Tese de Doutorado. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Construção Civil.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). (2002). *Manual Técnico para Implementação: Habitação 1.0: Bairro saudável*. 1ª Ed. São Paulo: ABCP.

BALLARD, G. (1994). The Last Planner. In: SPRING CONFERENCE OF THE NORTHERN CALIFORNIA CONSTRUCTION INSTITUTE, 1994, Monterey, CA, *Proceedings...* Monterey.

BALLARD, G. (1997). Lookahead Planning: The missing link in Production Control. In: Annual Conference of International Group for Lean Construction, 5, 1997, Australia. *Proceedings...* Australia.

BALLARD, G. (2000). *The Last Planner System of Production Control*. Tese de Doutorado. Birmingham: Scholl of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Birmingham.

BALLARD, G.; HOWELL, G. (1996). PARC: A Case Study. In: ANNUAL CONFERENCE ON THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 4, 1996, Birmingham, UK, 26-27, *Proceedings...* Birmingham.

BALLARD, G.; HOWELL, G. (1997). Implementing lean construction: improving downstream performance. In: ALARCÓN, L. (ED). *Lean Construction*. Rotterdam: A.A. Balkema. P. 111-125.

BARROS NETO, J. P.; FORMOSO, C. T.; FENSTERSEIFER, J. E. (2002). O conteúdo da Estratégia de Produção: uma adaptação para a construção de edificações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v.2, n.1, p. 39-52.

BERNARDES, M. (2001). *Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas de Construção*. Tese de Doutorado. 310 p.- Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre.

BJÖRNFOT, A.; JONGELING, R. (2007). Application of line-of-balance and 4D CAD for lean planning. *Construction Innovation*, Vol. 7, n. 2, p. 200-211.

BRANCO, T B. (2007). *Análise do ritmo de produção e nivelamento dos recursos na etapa de planejamento – utilização da técnica de linhas de balanço em empreendimentos habitacionais repetitivos*. Campinas. 97 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas.

BRUNA, P. J. V. (1976). *Arquitetura, industrialização e desenvolvimento*. São Paulo: Edusp.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. (2005). O Papel do planejamento e controle da produção em obras de tipologias diferentes. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO – ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre.

BULHÕES, I. R.; PICCHI, F.; FOLCH, A. T. (2006). Ações para implementar fluxo contínuo na montagem de estrutura pré-fabricada. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 11. ENTAC, 2006. Florianópolis. *Anais...* Florianópolis.

COELHO, H. O.; FORMOSO, C. T. (2005). Diretrizes e requisitos para o planejamento e controle da produção em nível de médio prazo na construção civil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO – ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, 2005. Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. (2007). *Administração da produção de operações: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica*. 2 ed., 2. reimpr., São Paulo: Atlas.

EL DEBS, M. K. (2000). *Concreto pré-moldado: fundamentos e aplicações*. São Carlos: EESC-USP, 456p.

FARAH, M. F. S. (1984). *Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança*. São Paulo: ANNABLUME, 1 ed.

FARAH, M. F. S. (1992). *Processo de trabalho na construção habitacional: tradição e mudança*. São Paulo: ANNABLUME, 1 ed.

FABRÍCIO, M. M; MELHADO, S. B. (2002). *Desenvolvimento histórico do processo de projeto na construção de edifícios*. In: ENTECA.

FABRÍCIO, M. M. (2007). O arquiteto e o coordenador de projetos. *Revista do programa de pós-graduação em arquitetura e urbanismo da FAUUSP*, v.15, p. 26-50, São Paulo.

FERREIRA, M. A. (2003). A importância dos sistemas flexibilizados. 8 p. (Apostila).

FORMOSO, C. T. (2002). Lean Construction: princípios básicos e exemplos. *Construção Mercado: custos, suprimentos, planejamento e controle de obras*, v.15, p. 50-58.

FORMOSO, C.; BERNARDES, M.; OLIVEIRA, L.; OLIVEIRA, K. (1999). *Termo de Referência para o planejamento e controle da produção em empresas construtoras*. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC), Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

GAMA, R. (1986). *A tecnologia e o trabalho na história*. São Paulo: Nobel/Edusp.

GHINATO, P. (1996). *Sistema Toyota de Produção, mais do que simplesmente Just-in-time*. Caxias do Sul; EDUCS.

- GIL, A.C. (1991). *Como elaborar projetos de pesquisa*. São Paulo: Atlas, 1991.
- GREIF, M. (1991). *The Visual Factory*. Building Participation Through Dared Information. Portland, OR, USA: Productivity Press.
- IMAI, M. (1997). *Gemba Kaizen: a Commonsense, low-cost Approach to Management*. McGraw-Hill, New York, NY.
- HYER, N. L.; BROWN, K. A. (1999). The discipline of real cells. *Journal of Operations Management*, v.7, p. 557-574.
- HOUAISS, A. (2008). *Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa*. Versão 2.0 1 CD-ROM.
- ICHIARA, J. A. (1997). A base filosófica da linha de balanço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, *Anais...*
- ICHIARA, J. A. (1997). O nivelamento da linha de balanço. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, *Anais...*
- ISATTO, E. L. et al. (2000). *Lean Construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil*. Cadernos da Série Construção Civil, Vol. 5. SEBRAE, Porto Alegre, RS.
- KIIRAS, J. KOIVULA, T. (1999). A production model in-situ concrete building frames. In: SYMPOSIUM ON NORDIC CONCRETE RESEARCH, 17, 1999, *Proceedings...*
- KOSKELA, L. (1992). *Application of the new Production Philosophy in Construction*. Stanford. Technical Report, n. 72, Center of Integrated Facility Engineering (CIFE).
- KOSKELA, L. (2000). *An Exploration Towards a Production Theory and Its Application to Construction*. Publication N. 408, VTT, Espoo, 2000.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. (1987). Is Construction Planning Really Doing its job? A critical examination of focus, role and process. *Construction Management and Economics*, London, United States, n. 5, p. 243-266.
- LAUFER, A.; TUCKER, R. L. (1988). Competence and timing dilemma in construction planning. *Construction Management and Economics*, London, n.6, p. 339-355.
- LAUFER, A.; TUCKER, R.; SHAPIRA, A.; SHENNAR, A. (1994) The Multiplicity Concept in Construction Project Management. *Construction Management and Economics*, London, n. 1, p. 53-65.
- LIKER, J. K. (2005). *O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo*. Porto Alegre: Bookman.
- LIMMER, C. V. (1997). *Planejamento, orçamento e controle de projetos e obras*. Rio de Janeiro: LTC, 225 p.
- LORDSLEEM JUNIOR, A. C. et al. (1998a). Estágio atual do uso de paredes maciças moldadas no local em São Paulo. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS - SOLUÇÕES PARA O TERCEIRO MILÊNIO, 1998, São Paulo. *Anais...* São Paulo: Escola Politécnica, Universidade de São Paulo – Departamento de Engenharia Civil – PCC.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. (1998b). O processo de produção das paredes maciças. In: SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS VEDAÇÕES VERTICIAS – TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE

LUTZ, J. D. (1990). Planning linear construction projects using simulation and line of balance. Tese de Doutorado, Purdue University.

MACHADO, R. L. (2003). *O planejamento de antecipações: uma proposta de melhoria do planejamento da produção de sistemas produtivos da construção civil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC.

MADERS, B. (1987). Técnica de programação e controle da construção repetitiva – linha de balanço – estudo de caso de um conjunto habitacional. Porto Alegre. 181 f. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. (2005). *Administração da Produção*. 2 ed. rev., aum. e atual. São Paulo: Saraiva.

MARTUCCI, R. (1990). *Projeto tecnológico para edificações habitacionais: utopia ou desafio?* Tese (Doutorado) - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo.

MARTUCCI, R. (1999). Porque Analisar e Avaliar Habitações e Tecnologias para Sistemas Construtivos Habitacionais. In: Habitação 2: tecnologias em debate (2: 1999: Brasília). *Anais...* Brasília : Starprint, 132 p.

MAZIERO, L. (1990). *Aplicação do método da linha de balanço no planejamento de obras repetitivas: um levantamento das decisões fundamentais para sua aplicação*. Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina.

MENDES JR, R. (1999). *Programação da produção a construção de edifícios de múltiplos pavimentos*. Florianópolis. 196 p. Tese de Doutorado – Departamento de Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina.

MENDES JR, R.; HEINECK, L. F. M. (1997). Roteiro para a programação da produção com linha de balanço em edifícios altos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, ENEGEP, 17, 1997. *Anais...* Porto Alegre: UFRGS, PPGE.

MESENGUER, A. G. (1991). *Controle e garantia da qualidade na construção*. Tradução Roberto Falcão Bauer.

MORAES, R. M. M. (2007). *Procedimentos para o processo de planejamento da construção: estudo de caso*. São Carlos. 186 p. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal de São Carlos.

OCDE. (2004) *Manual de Oslo*. Proposta de diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação tecnológica. OCDE, Finep.

OLIVEIRA, O. (2001). *Gestão da qualidade na construção civil*. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

OLIVEIRA, L. A. (2002). *Tecnologia de painéis pré-fabricados arquitetônicos de concreto para emprego em fachadas de edifícios*. 191p. Dissertação de Mestrado. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP.

OHNO, T. (1988). *Toyota Production System: beyond large-scale production*. Cambridge, MA: Productivity Press.

PATTUSSI, F. A.; HEINECK, L. F. (2006). A utilização de conceitos da produção enxuta na constituição de células de produção em obras de pequeno porte. In: WORKSHOP DE DESEMPENHO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS, UNOCHAPECÓ, Chapecó. *Anais...* Chapecó.

PEREIRA, V. F. (2002). Pré-moldados no sistema tilt-up: uma alternativa para a racionalização e qualidade as estruturas. ABESC – Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Concretagem/ Sinduscon – Sindicato da Construção. 20p. CD-ROM.

PEREIRA, A. C. W. (2005). *Diretrizes para implantação de sistemas construtivos abertos na habitação de interesse social através da modulação*. 151p. Dissertação de Mestrado. Curso de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR.

PICCHI, F. A. (2003). Oportunidades de aplicação do *Lean Thinking* na construção. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p.7-23.

PICCHI, F. A.; GRANJA, A. D. (2004). Aplicação do *Lean Thinking* ao fluxo de obra. In: CONFERENCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, 1. X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DOO AMBIENTE CONSTRUÍDO. clACS, 2004; ENTAC, 2004. São Paulo. *Anais...* São Paulo.

ROCHA, F. E. M.; HEINECK, L. F. M.; RODRIGUES, I. T. P.; PEREIRA, P. E. (2004). *Logística e Lógica na Construção Lean*. 152 p. Fibra Construções Ltda. Fortaleza.

RODRIGUEZ, M. A. A.; HEINECK, L. F. M. (2002). A construtibilidade no processo de projeto de edificações. In: WORKSHOP NACIONAL GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS, 2., 2002, Porto Alegre. *Anais...* II Workshop Nacional gestão do Proceddo de Projeto na Construção de Edifícios.

ROSSIGNOLO, J. A.; FERRARI, C. (2006). *Desenvolvimento de concreto leve para execução de habitações de interesse social: sistema construtivo de painéis monolíticos moldado in loco*. In: Encontro Nacional Sobre Qualidade e inovação na Construção – QIC 2006, 2006, Lisboa: LNEC – Laboratório Nacional de Engenharia Civil, V.2. p. 827-837.

ROSSO, T. *Racionalização da construção*. São Paulo: FAUUSP, 1990.

ROTHER, M.; HARRIS, R. (2002). *Criando fluxo contínuo: um guia de ação para gerentes, engenheiros e associados da produção*. São Paulo: Lean Construction Institute Brasil.

SABBATINI, E. H. (1989). *Desenvolvimento de métodos, processo e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia*. EPUSP, São Paulo. (Tese de Doutorado).

SACHT, H. M. (2008) *Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho e desenvolvimento de concretos*. Dissertação de Mestrado, 286 p. – Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 286 p., São Carlos.

SANTOS, A. (1999). *Application of flow principles in production management of construction sites*. Thesis (Doctor of Philosophy) – School of Construction and Property Management, University of Salford, Salford.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; TOOKEY, J. E. (2002). Expanding the meaning of standartization within construction processes. *The TQM Magazine*, Bradford, v. 4, n.1.

SANTOS, A.; MOSER, L.; TOOKEY, J. E. (2002). Applying the Concept of Mobile Cell Manufacturing on the Drywall Process. In: CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 10. Gramado, BR. Proceedings... Gramado: IGLC.

SERRA, S. M. B.; FERREIRA, M. de A.; PIGOZZO, B. N (2005). Evolução dos pré-fabricados de concreto. 2005. In: I ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA-PROJETO-PRODUÇÃO EM CONCRETO PRÉ-MOLDADO, 2005. São Carlos. *Anais...* São Carlos.

SILVA, E.L.; MENEZES, E.M. (2000). *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 2ª Ed. Revisada, UFSC, Florianópolis, SC.

SLACK, N. *et al. Administração da Produção*. 2ª ed. São Paulo, SP: Atlas, 2002.

TOMMELEIN, I.; BALLARD, G.(1997). Look-Ahead Planning: Screening and Pulling. In: Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2, 20-21, Out., 1997. São Paulo. *Anais...*

TOMMELEIN, I. (1998). Pull-Driven Scheduling for Pipe-Spool Installation: Simulation of Lean Construction Technique. *Journal of Construction Engineering and Management*, v.124, n.4, p. 279-288, jul/aug.

TODESCHINI M.; BETTI, R. (2008). *Casas populares com pequenos luxos: eis a fórmula encontrada pela Rodobens para tornar-se a construtora que mais cresce no país*. Disponível em: <http://veja.abril.com.br/040608/p_162.shtml> Acesso em jul. 2009.

VASCONCELOS, A. C. de. (2002). *O concreto no Brasil: pré-fabricação, monumentos, fundações*. Volume III. São Paulo: Studio Nobel.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T.; ROOS, D. (1992). *A máquina que mudou o mundo*. Tradução de Ivo Korytovski. Rio de Janeiro: Campus.

WOMACK, J.P.; JONES, D.T. (1998). *A mentalidade enxuta nas empresas: Lean Thinking*. Rio de Janeiro: Elsevier.

YIN, R. *Estudo de caso: planejamento e método*. 3ª ed. Bookman: Porto Alegre, 2005.

9. REFERÊNCIAS ICONOGRÁFICAS

BEZERRA, L. M. C. de M. (2008). São José do Rio Preto - SP. Fotografia digital.

ROSSIGNOLO, J. A. (2005). Analândia - SP. Fotografia digital.

ROSSIGNOLO, J. A. (2005). Monte Mor - SP. Fotografia digital.

ROSSIGNOLO, J. A. (2006). Santa Maria da Serra – SP. Fotografia digital.

SACHT, H. M. (2008). São Paulo – SP. Fotografia digital.

APÊNDICE 1

APÊNDICE 1. Formulários de atividades por tempo de serviço e mão de obra utilizada na execução da habitação.

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar				
Atividade :	Gabarito				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
				Tempo de execução	3 horas
(1 carpinteiro e 1 ajudante)				Quantidade de homens	2 Hom.
				Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pela locação do gabarito demarcando a área				
(casas geminadas)	de construção.				
	3 gabaritos por dia com 2 pessoas (casa de 47 m2).				
FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:				Operário respondeu: André	
Atividade :	Escavação de valas				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
				Tempo de execução	6 horas
Qualificação				Quantidade de homens	2 hom.
Servente					
				Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pela escavação das valas que vão receber as				
(casas geminadas)	instalações hidráulicas				
	Casa de 57,00 e 67,00 levam 10 horas com 2 pessoas.				
FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:				Operário respondeu: André	
Atividade :	Instalação hidráulica do radier				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
				Tempo de execução	1 1/2 hora
				Quantidade de homens	2 hom.
				Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pelo colocação das instalações hidráulicas (esgoto				
(casas geminadas)	do radier.				
	7 radiers de 47,00 m2 por dia, com 2 homens				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Aguinaldo			
Atividade :	Instalação elétrica do radier			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	2 horas
			Quantidade de homens	2 hom.
			Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pela colocação da instalação elétrica do radier.			
(casas geminadas)	Para casas de 57 ou 67 o tempo de execução é de 2 1/2 hora com 2 hom.			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar			
Atividade :	Acerto do terreno (instalação radier)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	3 horas
			Quantidade de homens	15 Hom.
			Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pelo acerto do terreno, colocação da lona e fôrma do			
(casas geminadas)	radier.			
	Produção são 14 radiers por semana com 15 homens.			
	(Pelos dados seriam realizados 15 radiers semanais).			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar			
Atividade :	Ferragem (armação de aço) do radier			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	1 horas
			Quantidade de homens	3 Hom.
			Produtividade	
Observações:	A atividade é composta pela colocação da armação de aço do radier.			
(casas geminadas)				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar			
Atividade :	Concretagem do radier			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	1/2 hora
			Quantidade de homens	10 Hom.
			Produtividade	
Observações: (casas geminadas)	Cura do concreto de 12 horas para iniciar a montagem das cantoneiras			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar			
Atividade :	Montagem das cantoneiras			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	3 horas
			Quantidade de homens	4 homens
			Produtividade	
Observações: (casas geminadas)	A atividade é composta pela montagem das cantoneiras que garante a locação dos painéis da fôrmas para vedação vertical. (Indica-se que a montagem seja realizada por carpinteiros) A atividade é feita por dois operários(2 na trena e 2 furando) 24 hrs depois da concretagem do radier. 4 ou 5 casas p/ dia.			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Montagem das Fôrmas das paredes			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	4h
			Quantidade de homens	12 homens
			Produtividade	
Observações: (casas geminadas)	Fôrma de plástico (ver detalhe na tabela fôrmas). A carga horária de serviço é de 7:00 às 19:00 hrs. = 10 horas			
	Fôrma metálica (ver detalhe na tabela fôrmas)			

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar				
Atividade :	Instalação armaduras de aço das vedações				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
			Tempo de execução	2 hor.	
			Quantidade de homens	2 hom	
			Produtividade		
Observações:	Instalação da armadura de aço das vedações (interno às fôrmas)				
(casas geminadas)					

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar				
Atividade :	Instalação elétrica das vedações (internas)				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
			Tempo de execução	2 hor	
			Quantidade de homens	2 hom.	
			Produtividade		
Observações:					
(casas geminadas)					

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:					
Atividade :	Instalações hidráulicas das vedações internas				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
			Tempo de execução	2 hor.	
			Quantidade de homens	2 hom.	
			Produtividade		
Observações:					
(casas geminadas)					

FORMULÁRIO						
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008	
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1	
Mestre:	Sr. Amorim					
Responsável pela equipe:						
Atividade :	Concretagem					
Tipologia Casa:	47,00 m2					
				Tempo de execução	2 horas	2 horas
				Quantidade de homens	12 hom.	10 hom
				Produtividade		
Observações:	A equipe de montagem das fôrmas acompanha a concretagem					
casa geminada	No caso de fôrma de plástico 12 homens e fôrma alumínio 10 hom.					

FORMULÁRIO						
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008	
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1	
Mestre:	Sr. Amorim					
Responsável pela equipe:						
Atividade :	Desfôrma dos painéis das paredes					
Tipologia Casa:	47,00 m2					
				Tempo de execução	5h	
				Quantidade de homens	12 h	
				Produtividade		
Observações:	A desfôrma dos painéis está inserida na montagem da fôrma uma vez que ao					
Casa geminada	mesmo tempo que a equipe desfôrma, fôrma outro radier.					
	Ver detalhe na planilha de fôrmas.					

FORMULÁRIO						
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008	
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1	
Mestre:	Sr. Amorim					
Responsável pela equipe:						
Atividade :	Cobertura (estrutura metálica - treliça/caibros e acabamentos)					
Tipologia Casa:	47,00 m2					
				Tempo de execução	9 horas	
				Quantidade de homens	2 hom.	
				Produtividade		
Observações:	Equipe com 2 pessoa fazem 1 casa de 47,00 m2 por dia, enquanto 3 pessoas					
(casas geminadas)	fazem 2 casa de 47,00 m2 por dia.					

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Sr. Osmar			
Atividade :	Cobertura (estrutura metálica - ripamento)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	2 horas
			Quantidade de homens	1 hom.
			Produtividade	
Observações:	1 pessoas executa 4 casa de 47,00m2 por dia.			
(casas geminadas)				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Garrincha			
Atividade :	Cobertura (telhas)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	6 hor
			Quantidade de homens	2 hom
			Produtividade	
Observações:	O transporte das telhas para o local de serviço leva aproximadamente 1/2 hora			
casas geminadas	com 2 homens. No entanto só está sendo considerado o tempo do serviço.			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Cobertura (rufos e calhas)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	
			Quantidade de homens	
			Produtividade	
Observações:				
Casas geminadas				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Garrincha			
Atividade :	Cobertura (pintura estrutura metálica)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	9 horas
			Quantidade de homens	1 hom.
			Produtividade	
Observações:	Pintura da estrutura metélica externa da cobertura.			
casas geminadas				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Garrincha			
Atividade :	Cobertura (telas de proteção)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	9 horas
			Quantidade de homens	2 hom.
			Produtividade	
Observações:	1 radier por dia com 2 pessoas para uma casa de 47.00 m2.			
casas geminadas				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Enfição			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	4 1/2 horas 5 HORAS
			Quantidade de homens	2 hom. 1 HOM.
			Produtividade	
Observações:	2 pessoas fazem 2 radiers de 47,00 m2 por dia (organizar os outros serviços			
(casas geminadas)	relacionados a elétrica).			

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	7/10/2008
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	14:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	1
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:					
Atividade :	Regularização do piso				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
			Tempo de execução	4 1/2 hora	
1 pedreiro e 1 ajudante			Quantidade de homens	2 hom.	
			Produtividade		
Observações: (casa individual)	São feitas 2 casas de 47,00m2 por dia, no caso de casas com 57,00 1 casa e 1/2 - 1 de 67,00m2				

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:					
Atividade :	Piso cerâmico + revestimento + soleiras				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
			Tempo de execução	9 horas	13 1/2 hor
			Quantidade de homens	2 hom.	1 hom.
			Produtividade		
Observações: (casa individual)	Instalação da cerâmica, revestimento e soleiras				

FORMULÁRIO					
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim				
Responsável pela equipe:					
Atividade :	Rejunte				
Tipologia Casa:	47,00 m2				
			Tempo de execução	4 horas	8 horas
			Quantidade de homens	2 hom.	2 hom.
			Produtividade		
Observações: (casa individual)	Se a casa estiver limpa o serviço é realizado em 4 horas caso contrário tem ser feita a limpeza da ksa antes de iniciar o serviço que dobra as horas gastas para concluir.				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Bancadas			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	1 hora
			Quantidade de homens	1 hom
			Produtividade	
Observações:	São executadas 10 casas por dia com 1 homem.			
Casa individual				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Massa Corrida e lixa			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	40 horas
			Quantidade de homens	1 hom.
			Produtividade	
Observações:	O serviço é composto pela aplicação de massa corrida e a preparação para a			
Casa individual	deixando a casa lixada pronta pra receber a primeira demão			
	São feitas 5 a 6 casas de 47,00 m2 por mês.			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Latex (Demão 1)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	9 horas
			Quantidade de homens	2 pessoas
			Produtividade	
Observações:	Primeira demão com retoques de massa			
Casa individual				

FORMULÁRIO						
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	10/3/2009	
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	08:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2	
Mestre:	Sr. Amorim					
Responsável pela equipe:						
Atividade :	Caixilho/Portas internas (madeira)					
Tipologia Casa:	47,00 m2					
				Tempo de execução	40 min.	2 hor.
				Quantidade de homens	1 hom.	2 hom.
				Produtividade		
Observações:	São executadas 15 casas de 47,00 m2 por dia de serviço(10 horas).					
Casa individual	Sr. Amorim: 5 casas com 2 homens leva 1 dia 1 casa = com 2 homens em 1h e 48 min.					

FORMULÁRIO						
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	10/3/2009	
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	08:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2	
Mestre:	Sr. Amorim					
Responsável pela equipe:	Empresa Lumi					
Atividade :	Caixilho/Portas externas e janelas (alumínio)					
Tipologia Casa:	47,00 m2					
				Tempo de execução	1 1/2 hora	
				Quantidade de homens	3 homens.	
				Produtividade		
Observações:	São executadas 6 casas de 47,00 m2 por dia de serviço com 3 homens					
Casa individual						

FORMULÁRIO						
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS			Data:	10/3/2009	
OBRA:	Parque da Liberdade II			Hora:	08:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes			N. Coleta	2	
Mestre:	Sr. Amorim					
Responsável pela equipe:						
Atividade :	Louça/Metals					
Tipologia Casa:	47,00 m2					
				Tempo de execução	1h 20min	
				Quantidade de homens	1Hom	
				Produtividade		
Observações:	São executadas 7 casas de 47,00 por dia considerando que o material já					
Casa individual	esteja no local de trabalho, caso contrário são executadas apenas 5 casas Destinando aproximadamente 2 1/2 horas para o transporte.					

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Acabamento elétrico			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	2 h. e 1/2
			Quantidade de homens	1 hom.
			Produtividade	
Observações:	Caixas de interruptores e tomadas e instalação de quadro geral			
casa individual				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Latex (Demão 2)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	9 horas
			Quantidade de homens	2 hom.
			Produtividade	
Observações:	Segunda demão com retoques de massa			
casa individual				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS		Data:	10/3/2009
OBRA:	Parque da Liberdade II		Hora:	08:30
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes		N. Coleta	2
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Pintura externa			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
			Tempo de execução	4h 1/2
			Quantidade de homens	2 homens
			Produtividade	
Observações:	Considerando que a casa individual seja feita em metade das horas.			
Casa Individual	9 horas com 2 homens para a casa geminada.			

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS	Data:	10/3/2009	
OBRA:	Parque da Liberdade II	Hora:	08:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes	N. Coleta	2	
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:				
Atividade :	Garagem			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
		Tempo de execução	1 h 20 min.	
		Quantidade de homens	8 hom.	
		Produtividade		
Observações:	São executadas as garagens de 3 radiers e 1/2 por dia utilizando 8 homens			
	6 homens montando e dois concretando.			
	Casa individual (7 casas por dia)			
Casa Individual				

FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS	Data:	10/3/2009	
OBRA:	Parque da Liberdade II	Hora:	08:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes	N. Coleta	2	
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Marcela e Andressa			
Atividade :	Limpeza Fina			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
		Tempo de execução	4h e 1/2	
		Quantidade de homens	2 hom.	
		Produtividade		
Observações:	Limpeza de 2 casas de 47,00m2 por dia com 2 homens.			
casa individual				

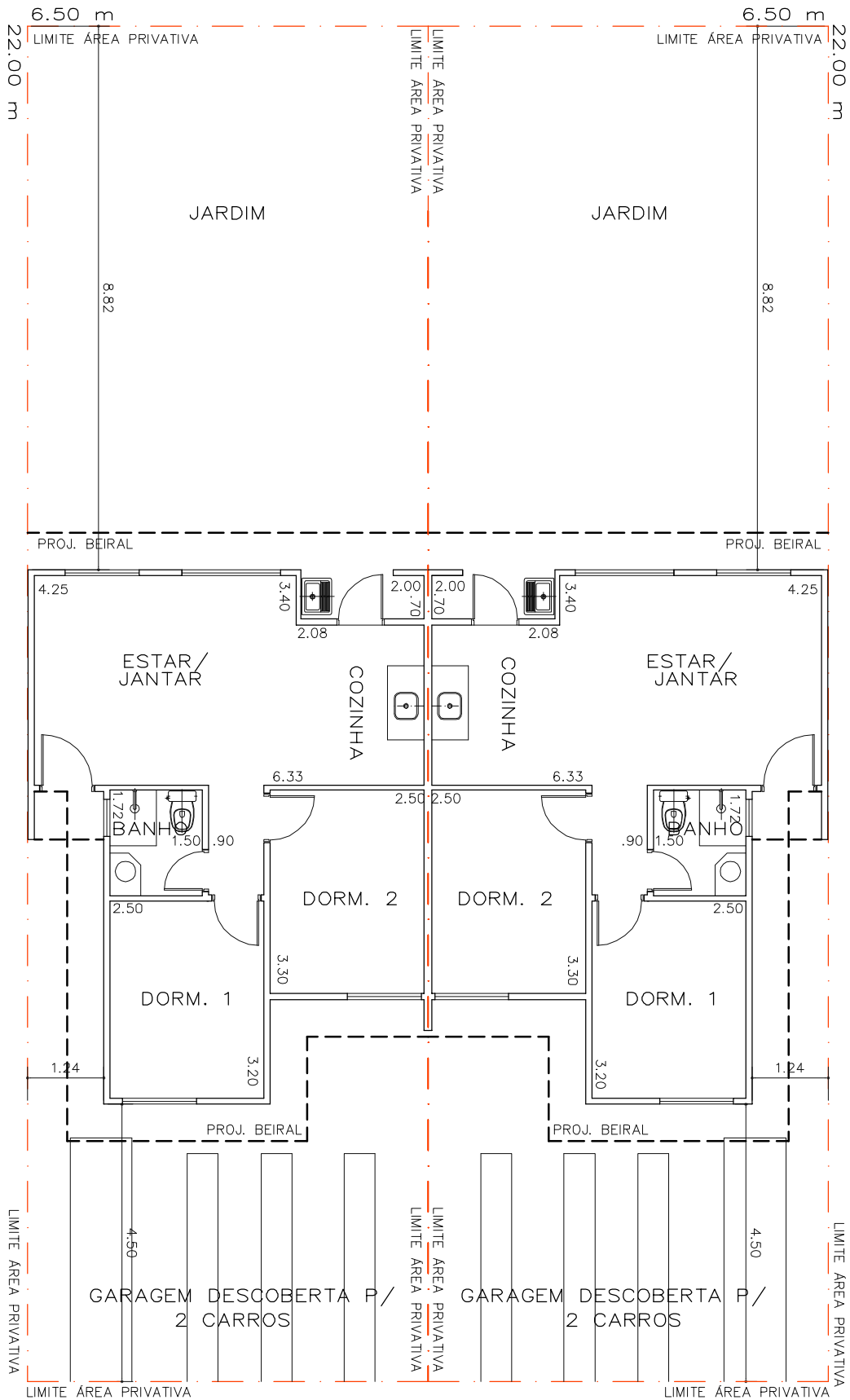
FORMULÁRIO				
EMPRESA:	RODOBENS NEGÓCIOS IMOBILIÁRIOS	Data:	10/3/2009	
OBRA:	Parque da Liberdade II	Hora:	08:30	
Eng. Responsável:	Sr. Hernandes	N. Coleta	2	
Mestre:	Sr. Amorim			
Responsável pela equipe:	Marcela e Andressa			
Atividade :	Limpeza Final (Repasse)			
Tipologia Casa:	47,00 m2			
		Tempo de execução	1h e 1/2	
		Quantidade de homens	2 hom.	
		Produtividade		
Observações:	Limpeza final de 6 casas de 47,00m2 por dia com 2 homens.			
Casa individual				

ANEXOS

ARQUITETURA

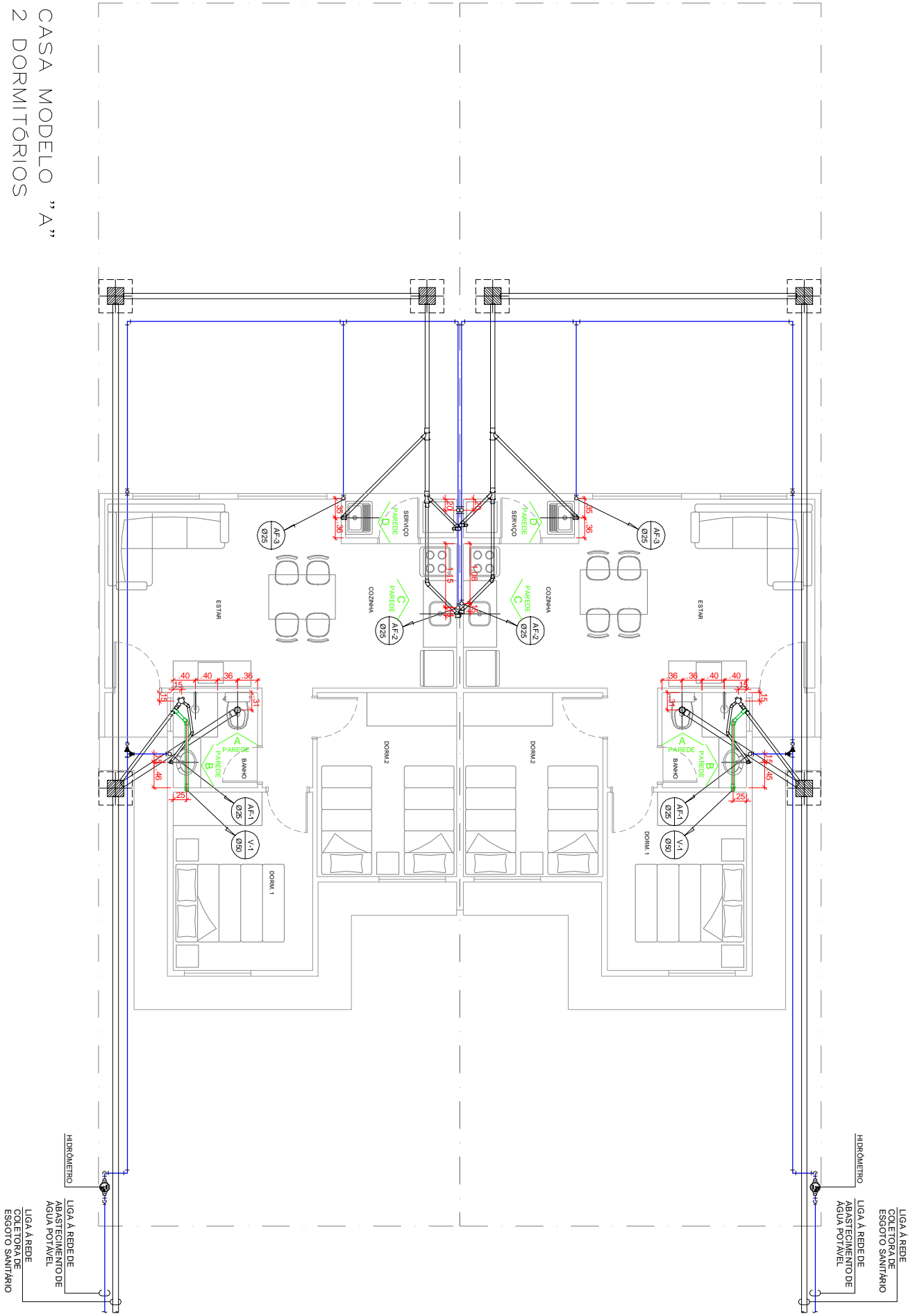
PLANTA MODELO "A" 2 DORMITÓRIOS

A MEDIDA DO TERRENO E RECUSOS PODE VARIAR - VERIFICAR IMPLANTAÇÃO

















HIDRÁULICA

CASA MODELO "A"
2 DORMITÓRIOS



LEGENDA

	QUADRO DE DISTRIBUIÇÃO DE CIRCUITOS.
	ARANDELA COM LÂMPADA 100W/127V.
	INTERRUPTOR SIMPLES - h=1,10m.
	TOMADA 2P+T E UNIVERSAL - 127V h=0,30m.
	TOMADA 2P+T E UNIVERSAL - 127V h=1,10m.
	TOMADA 2P+T E UNIVERSAL - 127V h=2,20m.
	TOMADA 3P - 220V - h=2,20m.
	CAIXA 2"x4" PARA CHUVEIRO ELÉTRICO - h=2,10m.
	PULSADOR DE CAMPAINHA - h=1,10m.
	CAIXA 2"x4" PARA CAMPAINHA - h=2,50m.
	CAIXA DE PASSAGEM OCTOGONAL NA LAJE.
	CAIXA 4"x4" PARA TELEFONE - h=0,30m.
	CAIXA 2"x4" PARA INTERFONE - h=1,10m.
	CAIXA 4"x4" PARA ANTENA DE TV - h=0,30m.

ELÉTRICA

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)