

Rafael Fernandes Silveira

**ASPECTOS ESTRATÉGICOS NA UTILIZAÇÃO DO PROJETO
DO SISTEMA DE PRODUÇÃO PARA OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação submetida ao Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil da
Universidade Federal de Santa Catarina
para a obtenção do Grau de mestre em
Engenharia Civil.
Orientador: Prof. Dr. Glicério Trichês

Florianópolis
2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor através do
Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Silveira, Rafael Fernandes

Aspectos estratégicos na utilização do projeto do sistema de produção para obras de construção civil: um estudo de caso / Rafael Fernandes Silveira ; orientador, Glicério Trichês - Florianópolis, SC, 2017.
197 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

Inclui referências

1. Engenharia Civil. 2. projeto do sistema de produção. 3. estratégia de produção. 4. construção civil. I. Trichês, Glicério . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

Rafael Fernandes Silveira

**ASPECTOS ESTRATÉGICOS NA UTILIZAÇÃO DO PROJETO
DO SISTEMA DE PRODUÇÃO PARA OBRAS DE
CONSTRUÇÃO CIVIL: UM ESTUDO DE CASO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Civil”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 07 de março de 2017.

Prof. Glicério Trichês, Dr.
Coordenador do Curso e Orientador

Banca Examinadora:

Prof. Antônio Edésio Jungles, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Fernanda Fernandes Marchiori, Dr.^a
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. José de Paula Barros Neto, Dr.
Universidade Federal do Ceará (Vídeoconferência)

Dedico este trabalho aos meus pais por investirem na minha educação; à minha esposa Silvana pelo seu apoio inestimável em todos os momentos da minha vida e ao meu filho João Marcelo, minha forma mais pura de amor.

AGRADECIMENTOS

Demonstrar gratidão a todos que me ajudaram a conquistar mais essa etapa da minha vida é uma tarefa difícil não pelo uso da palavra, mas sim pela quantidade de pessoas que possibilitaram essa jornada.

A conquista do conhecimento e do título almejados foi superada após uma série de decisões por prioridades, renúncias, erros e acertos que prolongaram a conclusão deste trabalho. Entretanto, não podemos estimar o tempo normal para alguém descobrir sua real vocação e alcançar seus objetivos de vida, este dependerá unicamente de suas experiências.

Quero iniciar agradecendo ao Professor Heineck, que me conduziu em todos os momentos desta pesquisa, como no auxílio do local de moradia, na sugestão deste tema de pesquisa, nos desafios impostos, na confiança depositada e pela generosidade em transmitir sua experiência e conhecimento.

À professora Thaís Alves, que foi a propulsora das oportunidades desta pesquisa. Sua contribuição foi essencial não apenas para alcançar os objetivos desta pesquisa, mas para servir de espelho no meu crescimento pessoal e profissional.

À UFSC e em especial ao PPGE, pelas oportunidades concedidas.

Ao GERCON/UFC, em nome do Professor Barros Neto, pelo acolhimento e colaboração.

A todos que fazem a ECB Engenharia, pela valiosa contribuição através da busca incessante por inovações que me ajudou a integrar os conhecimentos teóricos e práticos.

Aos meus familiares e amigos que estiveram presentes em cada desafio e nos momentos de distração.

Eu tenho certeza que esta conquista é mérito do meu esforço, mas tenho consciência dos créditos de cada um para alcançá-la.

Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.

(Chico Xavier)

RESUMO

O delineamento das diretrizes para o Projeto do Sistema de Produção (PSP) tem representado na literatura recente sobre gerenciamento da construção no Brasil o coroamento das aplicações, dos conceitos e técnicas do planejamento de obras. É como se todos os desdobramentos das técnicas de redes propostas há mais de 60 anos estivessem finalmente contemplados em obra, envolvendo o nivelamento de recursos, o encadeamento com os ritmos de produção de fornecedores, a adequação da logística de suprimento, a determinação da capacidade do contingente de mão-de-obra e equipamentos, e, finalmente, a otimização dos vários planos de ataque. Além destes aspectos, atualmente estudos se aprofundam na importância do desenvolvimento humano, da cooperação e da qualidade no alcance de vantagem competitiva através da função produção. Neste sentido, esta pesquisa discute a ligação entre as ações presentes no PSP com o alcance da estratégia de produção em obras de construção civil. O objetivo é identificar, por base nos aspectos estratégicos, decisões que compõem a elaboração do projeto do sistema de produção em obras de construção civil. Para consecução desta pesquisa além da revisão bibliográfica foram realizados um estudo exploratório e um estudo de caso. Ao final do estudo de caso, apresenta-se uma análise qualitativa sobre o alcance dos aspectos estratégicos da empresa por meio das ações desenvolvidas no PSP da obra. Por fim, constatou-se que a concepção do sistema de produção na construção civil demanda o estudo das categorias de decisões estruturais e infraestruturais, em suas abordagens individuais e inter-relacionadas, para atender as necessidades do mercado e principalmente atingir os objetivos estratégicos pretendidos. No entanto, em virtude da complexidade desse processo, acredita-se que é preciso elencar as ações mais relevantes, com estudos específicos, para que sejam desenvolvidas áreas críticas no alcance da vantagem competitiva através da produção.

Palavras-chave: projeto do sistema de produção, estratégia de produção, construção civil.

ABSTRACT

The proposal of guidelines for production system design (PSD) in construction has amalgamated several concepts and techniques related to construction management. The studies carried out over the past 50 years can be applied to construction sites as parts of a PSD, which encompasses tasks such as resource loading and leveling, the links between suppliers and the job site, site and suppliers' logistics, and finally the optimization of production paths and sequences. Nowadays, studies focus in the human development, cooperation and quality to achieve competitive advantage through production function. Therefore, this research show the link between actions present in PSD with the reach of production strategy in civil engineering works. The purpose is identify, based on the strategic aspects, decisions that compose the elaboration of the project of the production system (PSD) in civil construction works. To achieve this research, besides the bibliographic review, an exploratory study and a case study were carried out. At the end of the case study, qualitative analysis is provided about obtaining strategic issues from the company through the actions developed in PSD site. Finally, it was found that the production system design in civil engineering demand the study of structural and infrastructural decisions, on their individual and linked ways, to meet market requirements and reach mainly the strategic goals. However, due to the difficulty of the process, it is essential to list the most relevant actions, through specific studies, to allow the development of critical areas toward competitive advantage through the production.

Keywords: Production system design, production strategy, civil engineering.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Efeitos externos dos cinco objetivos de desempenho.....	34
Figura 2 - Modelo do sistema de produção MERIP.....	46
Figura 3 - Modelo de elaboração do PSP para EHIS	52
Figura 4 - Modelo de elaboração do PSP por Schramm (2009).....	54
Figura 5 - Modelo de PSP proposto para empreendimentos Complexos.....	57
Figura 6 - Modelo de PSP em construtoras incorporadoras de edifícios.....	59
Figura 7 - Hipótese para promover um sistema puxado de PCP.....	74
Figura 8 - Processo de elaboração do plano de qualidade da obra.....	87
Figura 9 - Delineamento da pesquisa.....	95
Figura 10 - Fases para o desenvolvimento do estudo de caso.....	98
Figura 11 - Planta de situação dos empreendimentos.....	105
Figura 12 - Planta baixa com a localização das betoneiras.....	107
Figura 13 - Disposição das baias em relação à betoneira.....	107
Figura 14 - Tipos de transporte existentes na obra.....	108
Figura 15 - Ordem de serviço utilizada inicialmente.....	110
Figura 16 - Nova ordem de serviço definida.....	110
Figura 17 - PPC das três primeiras semanas do estudo.....	111
Figura 18 - Fila para abastecimento das equipes de trabalho.....	112
Figura 19 - Planta com a demarcação de áreas das centrais de abastecimento	113
Figura 20 - Planta de situação dos empreendimentos.....	116
Figura 21 -Layout inicial do canteiro de obras.....	122
Figura 22 - Área de vivência da obra.....	123
Figura 23 - Armazenagem dos insumos no canteiro.....	124
Figura 24 -Principais tipos de transporte horizontal.....	125
Figura 25 - Tipo de transporte vertical escolhido para obra.....	126
Figura 26 - Betoneira auto carregável.....	127
Figura 27 - Peneira elétrica.....	127
Figura 28 - Equipamentos para controle de qualidade do serviço.....	128
Figura 29 - Zoneamento das centrais de abastecimento da obra.....	129
Figura 30 - Planta baixa do projeto de paginação da alvenaria.....	131
Figura 31 - Vista frontal do projeto de paginação da alvenaria.....	132
Figura 32 - Exemplo em campo da compatibilização de projetos.....	133
Figura 33 - Projeto de locação da sapata externa.....	134
Figura 34 - Projeto de locação dos pontos de TV e interfone.....	134
Figura 35 - Projeto de locação das instalações de esgoto.....	135
Figura 36 - Blocos especiais de tijolo cerâmico.....	136
Figura 37 - Níveis da programação inicial.....	138
Figura 38 - Sequência de serviços na unidade-base.....	139
Figura 39 - Estratégia de ataque aos blocos.....	141
Figura 40 - Nova sequência de serviços para a unidade-base.....	142
Figura 41 - Linha de balanço para o planejamento da obra.....	143
Figura 42 - Projeto do abastecimento da etapa de alvenaria.....	149
Figura 43 - Organograma real da obra.....	151

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Critérios competitivos e categorias de decisão na construção civil.	38
Quadro 2 - Processo decisório das categorias de decisão.	40
Quadro 3 - Dimensionamento das frentes de serviço.	145
Quadro 4 - Orientações para as equipes de abastecimento.	150
Quadro 5 - Análise do critério competitivo de custo.	157
Quadro 6 - Análise do critério competitivo de qualidade.	159
Quadro 7 - Análise do critério competitivo de desempenho nas entregas.	161
Quadro 8 - Análise do critério competitivo de flexibilidade.	163

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAIXA - Caixa Econômica Federal
CPM – *Critical Path Method*
EHIS – Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social
GERCON – Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento da Construção
IGLC – *International Group for Lean Construction*
LOB – Linha de balanço
LBMS – *Location-Based Management System*
LPS – *Last Planner System of Production Control*
MQ – Manual de qualidade
PBQP-H – Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat
PCP – Planejamento e Controle da Produção
PERT – *Program Evaluation and Review Technique*
PQO – Plano de Qualidade da Obra
PSP – Projeto do Sistema de Produção
PPGEC – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil
SICOPROCs – Sistemas coordenados de ordens de produção e compras
TTP – *Takt-Time Planning*
UFC – Universidade Federal do Ceará
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	25
1.1 CONTEXTO DA PESQUISA	25
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA	26
1.3 QUESTÕES DE PESQUISA.....	28
1.3.1 Questão Principal.....	28
1.3.2 Questões Secundárias	28
1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA	28
1.4.1 Objetivo Principal.....	28
1.4.2 Objetivos Específicos	29
1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA	29
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	30
2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO	31
2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	31
2.2 PAPÉIS ESTRATÉGICOS E OBJETIVOS DA FUNÇÃO PRODUÇÃO.....	32
2.3 CATEGORIAS DE DECISÃO ESTRATÉGICA	34
2.4 FORMULAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO	36
2.5 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	37
2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
3 PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO	43
3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	43
3.2 CONTEXTO INDUSTRIAL	45
3.3 CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL	48
3.3.1 Projeto do Sistema de Produção em EHIS	51
3.3.2 Projeto do Sistema de Produção para Obras Complexas	56
3.3.3 Projeto do Sistema de Produção para Construtoras Incorporadoras	58
3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
4 ÁREAS COM DECISÕES PARA O PSP NA CONSTRUÇÃO CIVIL	61
4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	61

4.2	TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO	61
4.3	INSTALAÇÕES DE CANTEIRO.....	66
4.4	PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO.....	69
4.4.1	Ferramentas Gráficas de Apoio ao PSP.....	74
4.5	PROJETO PARA PRODUÇÃO	78
4.6	INTEGRAÇÃO VERTICAL.....	80
4.7	SISTEMA DE SUPRIMENTOS	83
4.8	SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE	86
4.9	GESTÃO DOS RECURSOS HUMANOS	89
4.10	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	91
5	MÉTODO DE PESQUISA	93
5.1	DELINEAMENTO DA PESQUISA	94
5.1.1	Contextualização do tema	96
5.1.2	Exploração do tema	96
5.1.3	Aplicação do Método.....	97
5.2	TÉCNICA DE COLETA DE DADOS	99
5.2.1	Observação.....	100
5.2.2	Entrevistas.....	101
5.2.3	Informações de documentos e arquivos	102
6	DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	105
6.1	ESTUDO EXPLORATÓRIO	105
6.1.1	Descrição do empreendimento.....	105
6.1.2	Processos analisados no estudo.....	106
6.1.3	Conclusões do estudo exploratório.....	114
6.2	ESTUDO DE CASO.....	115
6.2.1	Descrição dos empreendimentos.....	115
6.2.2	Concepção do PSP para o estudo de caso	116
6.2.3	Análise dos objetivos estratégicos da empresa	154
6.2.4	Conclusões do estudo de caso.....	164
6.3	DECISÕES PARA O PSP EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL.....	167
6.3.1	Instalações de canteiro	167

6.3.2	Tecnologias de produção	168
6.3.3	Projetos para produção	168
6.3.4	Planejamento e controle da produção	169
6.3.5	Integração vertical	170
6.3.6	Sistema da Qualidade	171
6.3.7	Gestão dos recursos humanos	171
6.3.8	Sistema de suprimentos	172
7	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	173
7.1	CONCLUSÕES.....	173
7.2	RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	176
	REFERÊNCIAS	177
	ANEXO A – ROTEIRO PARA A ENTREVISTA	197

INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO DA PESQUISA

A questão do planejamento de obras encaminha-se, finalmente após cerca de 60 anos de trabalhos teóricos, para disponibilizar junto às empresas de construção conceitos modernos, softwares e exemplos de aplicação bem-sucedidos em outras organizações do setor de edificações.

A comprovação da afirmação anterior é vista em trabalhos como Akkari (2003) que faz a primeira interligação entre a sistemática de planejamento proposta por Bernardes (2001) e softwares comerciais do tipo *MSPProject*. Bortolazza *et al.* (2005) fazem uma avaliação do sucesso da implantação do sistema de planejamento *Last Planner* no Brasil, testemunhado o avanço nos últimos dez anos, desde a proposta original do modelo de planejamento proposto por Assumpção (1996).

Avanços dos temas de pesquisa são vistos em estudos que tratam da gestão dos fluxos físicos e sua integração com o planejamento (ALVES, 2000; BULHÕES *et al.*, 2003); a busca de ferramentas gráficas para expressar o planejamento (BULHÕES e FORMOSO, 2004); e as questões de integração dos planos de médio prazo e as decisões de longo e curto alcance (COELHO, 2003).

No entanto, a principal contribuição da área vem do embasamento teórico dos conceitos sobre produção enxuta e sua aplicabilidade para a construção civil, conforme o trabalho fundamental de Koskela (1992). Sob o ponto de vista teórico, a produção enxuta e o Sistema Toyota de Produção são descritos em trabalhos como os de Womack *et al.* (1992) e Ghinato (1996), tendo-se ideias iniciais da aplicação para a construção civil descritas no manual produzido por Isatto *et al.* (2000).

A partir dessa nova perspectiva sob o título de *Lean Construction* (ou simplesmente construção enxuta), ao longo de mais de 20 anos, diversos estudos investigam e aplicam tais conceitos com o apoio do grupo de pesquisa *International Group for Lean Construction* (IGLC).

Recentemente, sofisticações do tema de pesquisas na área de gestão de empreendimentos discutem sinergias potenciais entre a construção enxuta e o BIM (SACKS *et al.*, 2010), bem como sua integração com o sistema *Last Planner*, criando-se uma plataforma 4D BIM (SACKS *et al.*, 2010a; DAVE *et al.*, 2011).

Mesmo diante da evolução nas pesquisas da área, o planejamento de obras ainda detém esforços para mudar o foco do seu delineamento, fugindo das questões operacionais de canteiro. Pesquisas aprofundam-se no escopo de decisões que antecedem o processo de Planejamento e

Controle da Produção (PCP), definindo-se a forma, a natureza e os recursos a serem empregados no sistema de produção, prática esta definida como Projeto do Sistema de Produção (PSP).

Nesta linha, pesquisas se dedicaram a criação de modelos para conceber sistemas de produção na construção civil, tais como: Schramm (2004) para habitações de interesse social; Rodrigues (2006) no contexto de obras complexas; e Souza Neto (2007) em empresas incorporadoras de edifícios multipavimentados.

Nos últimos anos, pesquisas tem utilizado a simulação computacional (SCHRAMM, 2009) como também as ferramentas gráficas do BIM (BIOTTO *et al.*, 2012) para apoiar a tomada de decisão na elaboração do PSP.

Pesquisas apontam ainda para a função estratégica dos sistemas de produção, onde esforços na sua organização pode ser fonte para promoção de vantagens competitivas (SLACK *et al.*, 2009). Na construção civil se destacam o trabalho de Barros Neto (1999), que cria um modelo de formulação de estratégias de produção, e Costa *et al.* (2013), que tratam do alinhamento entre as estratégias competitivas e as de produção.

Neste contexto, verifica-se que os estudos têm direcionado esforços para destacar a importância da discussão antecipada dos aspectos ligados à produção, sejam eles para melhorar a eficiência do processo produtivo ou para promover a eficácia do planejamento estratégico da empresa.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A literatura da área tem representado o PSP como sendo aquele que contempla todo o escopo de decisões que antecedem o processo de PCP. Ele é responsável pela definição da forma e da natureza do sistema de produção, tais como: o nivelamento de recursos, o encadeamento com os ritmos de produção de fornecedores, a adequação da logística de suprimento, a determinação da capacidade do contingente de mão de obra e de equipamentos, e, finalmente, a otimização dos vários planos de ataque (HEINECK, 1996; SAN MARTIN, 1999; BALLARD *et al.*, 2001; SCHRAMM, 2004; RODRIGUES, 2006).

Para Ballard *et al.* (2001), o PSP se estende da organização global do sistema produtivo ao projeto das operações, por exemplo, desde decisões que indicam quem serão os envolvidos e seus papéis até decisões relativas aos trabalhos físicos a serem realizados em um empreendimento.

No entanto, Henrich *et al.* (2005) afirmam ainda existir uma base deficiente para se projetar sistemas de produção na construção civil.

Halpin e Woodhead (1976) indicam que essa deficiência já vem de muito tempo, onde as decisões para elaboração do PSP não são consideradas com antecedência, mas deliberadas no canteiro durante a fase de execução.

Além disso, seu foco principal está na estruturação organizacional e divisão do trabalho a ser feito em partes gerenciáveis, relegando à informalidade os princípios da construção enxuta de maximização do valor e minimização do desperdício (KOSKELA e BALLARD, 2003).

Mesmo com esforços desenvolvidos pelos trabalhos de Schramm (2004), Rodrigues (2006), Souza Neto (2007) em descrever modelos que auxiliam a concepção do PSP na construção civil, até a pesquisa de Schramm (2009), não existiam estudos acadêmicos que avaliassem a utilidade dos referidos modelos, embora tivesse ocorrido sua implementação prática em diversos empreendimentos.

Desde pesquisas como Laufer e Tucker (1987), a literatura cita a ênfase na questão operacional do PSP e menos estratégica. Esse fato é consequência de uma visão equivocada do conceito de planejamento, o qual foi confundido por muito tempo com a elaboração da programação da obra em detrimento do planejamento global do empreendimento e dos métodos de realização do mesmo.

Segundo Jonsson e Rudberg (2015), não se reconhece que os sistemas de produção podem ser eficientes em diferentes áreas a depender dos requisitos de projeto. Como resultado, a ligação entre a estratégia de mercado e da tarefa de produção é negligenciada, levando os sistemas de produção a nem sempre serem projetados para proporcionar competitividade no mercado-alvo.

Dessa maneira, como problema de pesquisa, verifica-se que o escopo de decisões sugeridas nos atuais modelos propostos para o PSP na construção civil contempla, em sua maioria, os requisitos necessários para a programação da obra (nivelamento de recursos, sequências de execução, fluxos de trabalho, definições de datas-marco) e não aquelas abordadas pela teoria sobre as categorias de decisão na estratégia de produção.

As categorias de decisão definem a estrutura da produção (capacidade, instalações, tecnologia, integração vertical), bem como os aspectos operacionais do negócio (recursos humanos, qualidade, PCP, medidas de desempenho e organização) para que a empresa alcance seus objetivos estratégicos com ações na produção (HAYES *et al.*, 2008; SLACK *et al.*, 2009).

Para Carneiro *et al.* (2009), as raízes de um sistema inovador de produção, muitas vezes contêm as decisões estratégicas e uma mudança de paradigma. Dessa maneira, o PSP não deve se restringir apenas aos

aspectos de ordem técnica do empreendimento. O entendimento da estratégia global da organização necessita ser colocado em prática na definição de como será organizada a produção, de modo que esta seja capaz de reproduzir os objetivos da empresa.

Essa afirmação reforça a necessidade de demonstrar que o PSP pode ir além do que apresentam as pesquisas anteriores sobre o tema e considerar decisões ainda não exploradas por esses trabalhos, em especial a relação entre o PSP e a estratégia de produção de empresas construtoras.

1.3 QUESTÕES DE PESQUISA

1.3.1 Questão Principal

O presente estudo visa responder a seguinte questão de pesquisa: Qual o escopo de decisões estratégicas que compõe a elaboração do PSP para obras de construção civil?

1.3.2 Questões Secundárias

- a) quais são as pesquisas que descrevem decisões para o PSP na construção civil?
- b) como a bibliografia da área de estratégia de produção aborda as decisões sobre o PSP?
- c) como as empresas de construção civil elaboram o PSP em suas obras?
- d) quais as diferenças nas decisões para o PSP de obras com tipologias distintas?
- e) como as decisões sobre PSP se relacionam para o adequado funcionamento da produção?
- f) quais são as consequências na produção por desprezar alguma decisão no PSP?

1.4 OBJETIVOS DA PESQUISA

1.4.1 Objetivo Principal

O objetivo principal desta pesquisa é identificar, por base nos aspectos estratégicos, decisões que compõem a elaboração do projeto do sistema de produção em obras de construção civil.

1.4.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos que vão conduzir cumprimento do objetivo geral são:

- a) identificar no referencial teórico sobre estratégia de produção quais categorias de decisões se relacionam com a elaboração do PSP;
- b) identificar de que maneira empresas de construção desenvolvem o projeto do sistema de produção;
- c) verificar como decisões propostas para o PSP na construção civil podem auxiliar no alcance dos objetivos estratégicos da empresa;
- d) sugerir ferramentas e técnicas que auxiliem a elaboração do PSP.

1.5 DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo caso se dedicou ao desenvolvimento do PSP em uma obra de EHS, ou seja, onde é possível constatar atividades repetitivas, sequência e ritmo de produção; Além destes, existem outras características próprias, tais como: padrões construtivos e de qualidade mínimos definidos pelo contratante (CAIXA); prazos de execução relativamente curtos (10 a 12 meses); grande número de unidades por empreendimento; e valor pago pelas unidades fixado antecipadamente.

O pesquisador participou ativamente das decisões sobre o PSP do estudo de caso. Essa condição favoreceu a sensibilização do tema proposto; o acompanhamento do PSP inicial; a possibilidade de interferência direta nas ações estabelecidas; e o desenvolvimento específico das categorias de decisões necessárias para obra;

A condição acima tornou o pesquisador um agente de mudança na pesquisa almejada. Foi necessário refletir sobre os acontecimentos e tomar posicionamento sobre as ações necessárias para condução da obra.

Após as definições estabelecidas para o PSP inicial, o pesquisador foi contratado pela empresa para o cargo de engenheiro residente da obra. Tal circunstância viabilizou o acompanhamento, como também o conhecimento das necessidades de mudanças do PSP proposto. No entanto, devido às limitações impostas por questões de tempo e foco da pesquisa, a fase de execução da obra não é detalhada neste estudo. Reflexões a seu respeito fazem parte das conclusões finais deste trabalho.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente capítulo abordou a contextualização do tema proposto, bem como a justificativa, o problema de pesquisa, as questões, objetivos e a delimitação do ambiente em que se desenvolveu o presente trabalho.

O capítulo 2 explana a teoria sobre estratégia de produção na indústria geral e como esta tem sido abordada por pesquisas na construção civil. Seu papel para o alcance dos objetivos da presente pesquisa é identificar as competências da função produção que ajudam no alcance de vantagem competitiva.

O capítulo 3 discorre sobre os conceitos, métodos e aplicações do projeto do sistema de produção. O intuito é demonstrar a limitação da abordagem estratégica desta etapa apresentada por pesquisas que descrevem modelos para PSP na construção civil.

O capítulo 4 apresenta como cada uma das categorias de decisões da estratégia de produção é evidenciada por pesquisas na indústria da construção para apoiar o PSP e como estas se inter-relacionam para aumentar a eficácia e eficiência dos sistemas de produção.

O capítulo 5 discorre sobre o método de pesquisa escolhido para a condução do trabalho.

O capítulo 6 apresenta a descrição e os resultados alcançados no estudo exploratório, no estudo de caso e aprofunda as decisões sobre o PSP.

O capítulo 7 apresenta as principais conclusões dessa pesquisa e sugere trabalhos futuros para desenvolver o tema de pesquisa sobre o PSP.

2 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

2.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A administração científica surgiu com o pensamento de aprimorar a gestão organizacional no nível do chão de fábrica. A evolução da complexidade das operações durante a segunda guerra mundial pressionou a necessidade de substituir decisões intuitivas por uma abordagem analítica que permitisse vantagem competitiva (GAITHER e FRAZIER, 2002). A partir daí surge a administração da produção para se referir ao planejamento, a organização, direção e o controle dos processos (MOREIRA, 2003; KRAJEWSKI *et al.*, 2009).

Sobre o termo “produção” é necessário distingui-lo como função, onde parte da organização produz bens e serviços para consumidores externos, da produção como atividade, que se refere à administração de processos dentro de qualquer função da organização (SLACK *et al.*, 2009).

Para Krajewski *et al.* (2009), apesar da diferença, em toda atividade administrativa é essencial o planejamento e a tomada de decisão, que basicamente consiste nas etapas: (1) reconhecer e definir claramente o problema, (2) coletar informações necessárias para analisar possíveis alternativas, (3) escolher a alternativa mais atraente e (4) implementar a alternativa escolhida.

Nesse contexto, o planejamento pode ter uma perspectiva estratégica, tática e operacional. Segundo Slack *et al.* (2009), a perspectiva estratégica se refere ao padrão global de decisões e ações que influencia a direção de longo prazo de uma organização, por envolver políticas corporativas, escolha de linhas de produto, localização de novas instalações, projeto de processos de manufatura, dentre outros. Este nível evolui altos graus de risco e incerteza (MOREIRA, 2003).

As decisões táticas são mais estruturadas, rotineiras, repetitivas e têm consequências em médio prazo (KRAJEWSKI *et al.*, 2009). Para Moreira (2003), elas ocorrem no chão de fábrica e envolvem basicamente a alocação e a utilização de recursos. Este autor confirma que em mais baixo nível estaria à perspectiva operacional, como o abastecimento de departamentos produtivos, programação da produção e controle de estoques.

Este capítulo tem por objetivo apresentar a perspectiva estratégica voltada à função produção. É retratado o seu papel, objetivos e principais categorias de decisão estratégicas que implicam na melhoria de

desempenho da produção. Por fim, apresenta-se como a estratégia de produção é abordada por estudos na indústria da construção.

2.2 PAPÉIS ESTRATÉGICOS E OBJETIVOS DA FUNÇÃO PRODUÇÃO

A teoria sobre estratégia de produção evoluiu com o trabalho pioneiro de Skinner (1969) e se consolidou nos últimos quarenta anos através de importantes trabalhos teóricos e empíricos. Inicialmente, não se reconhecia a importância estratégica da produção para a competitividade da empresa, predominava a ideia de que sua eficiência ocorria independente das exigências de mercado.

Skinner (1969) propõe que para alcançar a sobrevivência, o crescimento e o lucro da empresa, a produção deve ser vista como área estratégica e gerida para que seus recursos e competências aproveitem as oportunidades que surgem no mercado.

Dessa maneira, a estratégia de produção deve indicar o padrão de decisões e ações estratégicas que define o papel, os objetivos e as atividades de produção (FINE e HAX, 1985; SLACK *et al.*, 2009).

Para Slack *et al.* (2009), a produção possui três papéis em uma organização. O primeiro é o de implementar a estratégia empresarial através de ações práticas; o segundo de apoiar essa estratégia por meio do desenvolvimento das capacidades para aprimorar e refinar seus objetivos estratégicos e; o terceiro de impulsionar sua a estratégia global, dando-lhe vantagem competitiva à longo prazo.

Na prática, o gerente de produção deve entender os objetivos estratégicos da organização, desenvolver uma estratégia de produção para a organização, desenhar produtos, serviços e processos, além de planejar, controlar e melhorar continuamente o desempenho da produção de forma a fornecer meios para obtenção de vantagem competitiva (SLACK *et al.*, 2009).

Frente a essa realidade, onde a produção assume a posição de uma arma competitiva, esta deve ir além da eficiência em custos e ser capaz de contribuir com a eficácia de seus processos (CORRÊA e GIANESI, 1993). Além disso, a organização da produção deve encontrar formas que privilegiem a comunicação e a interação entre as diversas funções da organização, tais como *marketing*, finanças, recursos humanos, dentre outras (FINE e HAX, 1985; CORRÊA e GIANESI, 1993; HAYES *et al.*, 2008; SLACK *et al.*, 2009; KRAJEWSKI *et al.*, 2009).

A estratégia de produção é construída em torno de dois grandes grupos: prioridades competitivas e categorias de decisão. Prioridades

competitivas são definidas como um conjunto de metas para a fabricação, que são usados para alinhar a estratégia de negócios e as exigências do mercado com a tarefa de produção. Já as categorias de decisões são utilizadas para agrupar as decisões que têm de ser feitas para proporcionar competitividade para a empresa (SLACK *et al.*, 2009).

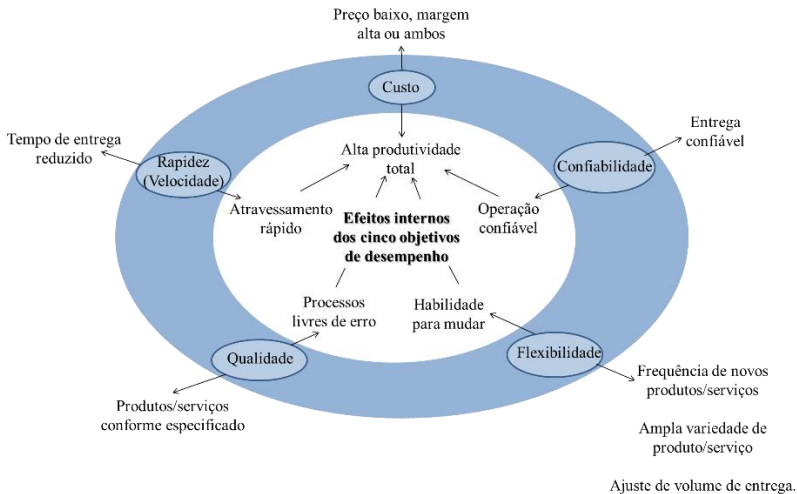
Para Slack *et al.* (2009), as prioridades competitivas (ou critérios competitivos) estão relacionadas aos objetivos básicos de desempenho da função produção, tais como: qualidade, rapidez, custo, confiabilidade e flexibilidade. Paiva *et al.* (2004) acrescentam a estes, o critério de inovatividade, definido como a habilidade da empresa em lançar novos produtos e/ou serviços em curto espaço de tempo. Os autores defendem que tais prioridades devem ser consideradas no projeto da função produção.

Gaither e Frazier (2002) relacionam as prioridades competitivas às coisas que os clientes querem dos produtos e serviços oferecidos, o que permite assim, ser utilizadas como ferramenta para captar fatias do mercado. Abaixo os autores destacam algumas maneiras de desenvolver as prioridades competitivas:

- **redução de custos:** redesenho do produto, novas tecnologias de produção, aumento dos índices de produção, redução de sucatas, redução de estoques;
- **melhoria da qualidade:** quanto a sua aparência, índices de defeitos, desempenho e função, durabilidade e pós-venda dos seus serviços e produtos;
- **desempenho de entrega:** para entregas rápidas através de um maior estoque de produtos acabados, maiores índices de produção e métodos de entrega rápida; para entrega no tempo por meio de promessas mais realistas, melhor controle da produção e melhores sistemas de informação.
- **serviço ao cliente e flexibilidade:** mudança no tipo de processos de produção utilizado; uso de CAD/CAM; redução da quantidade de trabalho em andamento através do sistema *just-in-time* (JIT); aumento da capacidade de produção.

Na figura 1 Slack *et al.* (2009) afirmam que os objetivos de desempenho provocam efeitos externos e internos em uma organização, sendo o custo interno influenciado por todos os outros objetivos de desempenho.

Figura 1 - Efeitos externos dos cinco objetivos de desempenho.



Fonte: Slack *et al.* (2009).

Embora exista um conjunto de objetivos que as organizações devem perseguir, a importância de cada um deles varia conforme o mercado específico em que a empresa irá atuar (CORRÊA e GIANESI, 1993).

Fine e Hax (1985) indicam que a complexa teia de decisões necessárias à gestão da produção deve ser dividida em partes analisáveis. Portanto, além de selecionar quais são as dimensões que pretende competir, precisa-se de forma coerente transformá-las em uma fonte de vantagem competitiva. A esta divisão é atribuído o nome de categorias de decisão (FINE e HAX, 1985; PAIVA *et al.*, 2004; CORRÊA e CORRÊA, 2006).

2.3 CATEGORIAS DE DECISÃO ESTRATÉGICA

Segundo Corrêa e Corrêa (2008), as categorias de decisões são chamadas de áreas de decisões (ou áreas de competência) e funcionam como um *check-list* no processo para formulação de melhorias de desempenho das operações.

As categorias de decisão são classificadas comumente pela literatura e agrupadas sob as categorias estruturais e infraestruturais. As decisões estruturais, como próprio nome indica, define a estrutura da

produção e influenciam principalmente as atividades de projeto (SLACK *et al.*, 2009). Além disso, possuem impactos no longo prazo, sendo difíceis de serem revertidas ou modificadas por exigirem vultosos investimentos de capital (HAYES *et al.*, 2008). Dentre estas se destacam: capacidade, instalações, tecnologia, integração vertical.

As decisões de natureza infraestruturais estão relacionadas aos aspectos operacionais do negócio, possuindo resultados tanto no curto, quanto no médio e no longo prazo, tais como: recursos humanos, qualidade, PCP, novos produtos, medidas de desempenho e organização (HAYES *et al.*, 2008).

Godinho Filho (2004, p.194) reúne as categorias de decisão citadas pela literatura geral da estratégia de produção e subdivide em três áreas: decisões que influenciam o projeto; decisões que influenciam o planejamento e o controle; e decisões que influenciam a melhoria. De forma sintética, todas estas áreas são definidas a seguir:

- a) ***Decisões que influenciam o projeto:*** delineiam a forma física da produção e de seus produtos e serviços.
 - *instalações:* localização geográfica, tamanho, mix de produtos, volumes de produção, arranjo físico e grau de especialização de seus recursos produtivos;
 - *tecnologia:* equipamentos a serem utilizados, grau de automação, flexibilidade e versatilidade destes;
 - *integração vertical:* decidir por produzir internamente ou adquirir dos fornecedores;
 - *organização:* estrutura organizacional, níveis hierárquicos, organização do trabalho, nível de centralização, estilos de liderança e processos de tomada de decisão;
 - *gestão de novos produtos:* desenvolvimento de novos produtos e aos métodos adequados para sua introdução;
 - *força de trabalho:* níveis de especialização necessários, políticas salariais, planos de carreira, contratações, promoções, dispensas e outras questões ligadas aos recursos humanos.
- b) ***Decisões que influenciam o planejamento e o controle:*** definem como a operação realmente atuará na prática.
 - *capacidade:* previsão e monitoramento da demanda de seus produtos e ajuste dos níveis de atividade em resposta às flutuações de demanda;
 - *relacionamento com fornecedores:* escolha, relacionamento e monitoramento dos fornecedores;

- estoques: quanto ter, onde localizá-lo e em que etapa do processo;
- controle da produção: a escolha do método de controle da produção, suprimentos e sistemas de programação.

c) ***Decisões que influenciam a melhoria:***

- gestão da qualidade: mecanismos de prevenção de falhas, padrões e formas de controle da qualidade dos produtos e processos, além dos programas de treinamento.

Segundo Paiva *et al.* (2004), a definição e classificação das categorias de decisão facilita a identificação das diversas ações possíveis de serem tomadas nas áreas de operações com vista a criar e desenvolver novas, melhores e diferentes competências na produção. A busca por objetivos comuns e não-conflitantes em cada categoria define o que se denomina de coerência interna da estratégia de produção.

Hayes *et al.* (2008) complementam que quanto mais consistente um conjunto de decisões estruturais e infraestruturais mais ele suporta a vantagem competitiva desejada pela empresa e mais eficaz será sua estratégia de produção.

2.4 FORMULAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO

Para Slack *et al.* (2009), a formulação da estratégia de produção deve ser observada por quatro perspectivas. A primeira é a *top-down*, onde o papel da produção é o de implementar ou operacionalizar a estratégia da empresa. A segunda é a *bottom-up*, na qual a estratégia é gradualmente moldada com o tempo e baseada em experiência de vida real em vez de posicionamento teórico. A terceira engloba os requisitos do mercado, ou seja, o que o posicionamento de mercado requer que as operações façam. A última representa o que os recursos de produção podem fazer, a sua capacidade de produção, bem como restrições para a aplicação dos recursos produtivos disponíveis.

A literatura da área de estratégia da produção já disponibiliza diversos modelos de formulação (BARROS NETO, 1999, p.101). Dentre os seis modelos descritos em sua pesquisa, o autor chega a conclusão de que todos se processam de maneira semelhante na busca por alcançar as necessidades do mercado com o desempenho da produção, tal como a perspectiva *top-down* descrita por Slack *et al.* (2009). Além disso, acrescenta que os modelos têm despertado a necessidade de conhecer mais profundamente a função produção das organizações antes de se formular as suas estratégias de produção.

Embora seja indiscutível a importância da estratégia de produção como função chave em uma organização, existem várias lacunas apresentadas em torno de discussões teóricas, tanto de conteúdo quanto, principalmente, de sua formulação e implementação (LIRA *et al.*, 2015).

Godinho Filho (2004) acredita que uma dessas lacunas é a falta de integração entre estratégia da produção e o PCP. Para suprir essa falta, o autor cria um modelo capaz fornecer às empresas uma forma de avaliar onde ela está e onde ela deve chegar ao tocante à sua estratégia de produção idealizada.

O modelo faz uma análise dos principais Paradigmas Estratégicos de Gestão de Manufatura (PEGEM) existentes atualmente em gestão da produção (manufatura em massa atual, manufatura enxuta, manufatura responsiva, customização em massa e manufatura ágil) e apresenta uma série de questionamentos que identificam como as categorias de decisão podem se relacionar com cada um dos PEGEMs.

Lira *et al.* (2015) fazem uso desses questionamentos propostos por Godinho Filho (2004) como uma das abordagens para apresentar um modelo de alinhamento estratégico de produção. Este apresenta uma perspectiva quantitativa de alinhamento entre prioridades competitivas e áreas de decisão estruturais e infraestruturais de produção.

Contudo, Hayes *et al.* (2008) ressaltam que mesmo sabendo que uma organização alinhada com os objetivos corporativos, focada na melhoria de desempenho e bem projetada impulsiona sua eficácia competitiva, deve-se ter em mente que sua vantagem pode ser curta caso não seja implantado um processo de melhoria contínua organizacional.

A seguir é apresentado como a estratégia de produção é abordada no setor da construção civil através de estudos que adaptam os modelos existentes, bem como exemplos práticos que auxiliam as empresas de construção a atingirem vantagem competitiva por meio do desenvolvimento da sua função produção.

2.5 ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Para Venegas e Alarcon (1987), as decisões estratégicas em um cenário como o da indústria da construção exigem a identificação, consideração e análise de muitos fatores de risco. No entanto, a estratégia de produção desta indústria se apresenta de modo informal e pouco estruturada, muitas vezes limitada às análises do fluxo de caixa dos empreendimentos (BARROS NETO, 1999).

Heineck (1996) combate o efeito dessa afirmação ao expressar que os objetivos empresariais não estão ligados necessariamente à

maximização do lucro. Eles devem estar ligados ao desenvolvimento de diversas áreas da empresa voltadas ao processo produtivo. Para demonstrar, o autor discute sistematicamente as estratégias de produção para empresas de construção dentro de cinco grandes grupos:

- programação da obra expressa pelas ferramentas clássicas de planejamento de obras (Curva S, Linha de Balanço, PERT/CPM);
- gestão clássica da produtividade (modelo Taylorista);
- gestão moderna da produtividade e qualidade;
- organização do posto de trabalho, motivação e treinamento dos recursos humanos;
- adoção de novas tecnologias e procedimentos de trabalho.

Apesar da necessidade de utilizar essas estratégias de produção para alcançar os objetivos das empresas de construção, o autor defende a hipótese de não utilizar todos os caminhos ao mesmo tempo, mas sim, selecionar somente aqueles que são de acordo com as potencialidades e ideais da empresa.

Dikmen e Birgönül (2003) corroboram com esta afirmação e realizaram um estudo com empresas turcas para indicar que as estratégias selecionadas por uma empresa devem estar em conformidade com os objetivos, competências e regras de concorrência prevalentes no mercado. Além disso, concluíram que os critérios competitivos tendem a mudar significativamente com a idade, tamanho, tipo principal de cliente e sua área de especialização.

Sobre pesquisas nacionais, merece destaque o modelo de formulação de estratégia de produção proposto por Barros Neto (1999), específico para pequenas empresas de construção de edificações. Este possui um roteiro bem definido, com característica hierárquica *top-down*, além de contribuir com processo de diagnóstico estratégico para empresas de construção através da proposição de um conjunto adaptado de novos critérios competitivos e categorias de decisão (quadro 1).

Quadro 1 - Critérios competitivos e categorias de decisão na construção civil.

CRITÉRIOS COMPETITIVOS	CATEGORIAS DE DECISÃO
<ul style="list-style-type: none"> ● Custo ● Desempenho de entrega ● Qualidade ● Flexibilidade ● Inovação ● Serviços 	<ul style="list-style-type: none"> ● Tecnologia da produção ● Força de trabalho ● Suprimentos ● Meios Produtivos ● Controle da qualidade ● Organização e planejamento da produção

Fonte: adaptado de Barros Neto (1999).

Dentre os critérios competitivos sugeridos, o que se diferencia daqueles já abordados pela literatura da área de produção é o que se refere a serviços, devido uma tendência de sua valorização dentro da construção de edificações, direcionado para o pleno atendimento dos clientes antes, durante e depois da execução do empreendimento. O critério de inovação é destacado pelo autor como importante para o setor devido inovações tecnológicas atualmente disponíveis, apesar de pouco valorizado pela indústria da construção, constituída por empresas pequenas e conservadoras. No modelo adaptado, a inovação fica evidente através de novas concepções arquitetônicas (produto) e novas formas de construir (processo) (BARROS NETO, 1999).

Quanto às categorias de decisão para a construção civil, sua classificação também sofreu alteração devido à dificuldade de adaptação de alguns conceitos. Dessa maneira, segundo Barros Neto (1999), as principais ações a serem avaliadas em cada uma das categorias de decisão estão presentes no quadro 2.

Contribuições recentes na área são apresentadas por Tran *et al.* (2012), que descrevem uma estrutura capaz de expressar as estratégias reais da maioria das construções nas dimensões espaciais e temporais de um projeto.

Na sequência, de acordo com as tendências da área de produção, novas contribuições buscam medir o alinhamento do conteúdo da estratégia vigente (percebida) entre o nível competitivo e o funcional (COSTA *et al.*, 2013). Miranda Filho *et al.* (2007) demonstraram o inter-relacionamento entre decisões sobre estratégia de produção e a motivação da mão-de-obra, além de indicarem o reflexo da aplicação da construção enxuta no sucesso das práticas operacionais vinculadas às estratégias de produção.

Jonsson e Rudberg (2015) desenvolvem uma matriz de classificação de sistemas de produção para indústria da construção que expõe as diferenças entre os sistemas de produção típicos da construção habitacional e como estes podem ser competitivos em diferentes áreas da concorrência.

Nesse contexto, Miranda Filho *et al.* (2007) concluíram que decisões embasadas na estratégia de produção em conjunto com políticas operacionais ajudam a dar forma à estrutura organizacional com a concepção de um projeto para o sistema de produção.

Quadro 2 - Processo decisório das categorias de decisão.

Categorias de Decisão	Principais Tópicos a Serem Avaliados	Categorias de Decisão	Principais Tópicos a Serem Avaliados
Tecnologia de Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Processos construtivos (tecnologia de execução) • Processos de transporte (tecnologia) • Processo de escolha e aquisição de novas tecnologias 	Meios Produtivos	<ul style="list-style-type: none"> • Utilização de central de componentes • Instalações provisórias de produção. • Definição de equipamento e ferramentas. • Desenvolvimento de equipamentos e ferramentas • Gestão da logística de equipamentos e ferramentas • Determinação da equipe gerencial da produção.
Força de Trabalho	<ul style="list-style-type: none"> • Escolha entre mão de obra própria ou de terceiros (critérios de decisão) • Seleção de empreiteiros de mão-de-obra • Formas recrutamento, seleção, contratação e motivação dos operários • Gestão da logística da mão-de-obra • Investimentos em higiene e segurança do trabalho • Treinamento e formação profissional dos operários • Relacionamento com os empreiteiros de mão-de-obra 	Controle da Qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Recebimento dos serviços • Utilização de indicadores • Desenvolvimento de procedimentos para entrega das obras • Elaboração de manuais de uso e manutenção • Programas de manutenção de equipamentos e ferramentas • Assistência técnica
Suprimentos	<ul style="list-style-type: none"> • Serviços • Materiais • Procedimentos para recebimento dos materiais • Procedimentos para transporte e armazenamento dos materiais • Controle de estoque dos materiais 	Organização e Planejamento da Produção	<ul style="list-style-type: none"> • Processo de planejamento e controle da produção. • Processo de levantamento dos custos de produção • Sistema de informações e de comunicação • Formas de gerenciamento dos empreendimentos simultâneos da empresa. • Planejamento de canteiros de obra. • Formas de organização da produção • Desenvolvimento de projetos complementares • Planejamento operacional (dia a dia das obras). • Medição dos serviços. • Tarefas do setor de produção (grau de especificação)

Fonte: Barros Neto (1999).

2.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo possibilitou o conhecimento sobre a área de estratégia de produção. Primeiramente, pode-se entender a produção como meio de transformação de bens e como administração de processos, onde decisões sobre sua concepção têm impactos em curto, médio e longo prazo sobre uma organização. Os impactos em longo prazo são provenientes da sua perspectiva estratégica e representam fontes de vantagem competitiva para organização. Uma delas pode ser alcançada com o alinhamento entre os objetivos de desempenho da função produção e suas categorias de decisão estratégica.

Portanto, este capítulo permitiu identificar quais são as áreas de competência da produção e como ações no seu escopo atuam na concepção de sistemas de produção eficientes para alcançar os objetivos da empresa.

3 PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Moreira (1993) define sistema de produção (SP) como o conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens (caso da indústria) e serviços, constituídos fundamentalmente por insumos, processo de criação ou conversão, produtos ou serviços e o subsistema de controle.

O inter-relacionamento desse conjunto combina seres humanos, máquinas e equipamentos através de um fluxo de trabalho, que para o caso de empresas industriais, vai além do fluxo de informações expressos por Chryssolouris (2006) e engloba o de material, de energia e econômico. (JACOBSEN *et al.*, 2001).

O SP sofre a influência do ambiente interno, para o caso das áreas funcionais da empresa (marketing, finanças, recursos humanos, etc.) e do ambiente externo, tais como fatores relacionados às condições econômicas gerais do país, as políticas e regulamentações governamentais, a competição e a tecnologia (FINE e HAX, 1985; MOREIRA, 2003; KRAJEWSKI *et al.*, 2009).

A classificação dos sistemas de produção é feita basicamente em função do fluxo do produto (MOREIRA, 2003), sendo organizados em áreas de processamento e montagem. A primeira se refere ao local onde os materiais são processados e partes ou componentes individuais são desenvolvidos. Enquanto que na segunda, se necessário, peças ou componentes individuais são unidos em conjunto, subconjunto ou produto final (CHRYSSOLOURIS, 2006).

Segundo autor, na prática industrial existem cinco abordagens para sistemas de produção na área de processamento:

- **job shop**: as máquinas com as mesmas ou capacidades semelhantes de processamento de material são agrupadas. Nesta estrutura, a peça ou lote de peças se move através do sistema, visitando os diferentes centros de trabalho de acordo com o plano de processo;
- **processo de projeto**: posição de um produto permanece fixo durante o fabrico devido ao seu tamanho e / ou peso. Materiais, pessoas e máquinas são trazidos para o produto conforme necessário, como o é o caso da indústrias de aeronaves, naval e construção civil;

- **celular:** as máquinas e equipamentos são agrupados de acordo com as combinações de processos que ocorrem em famílias de peças. O fluxo de material no interior da célula pode ser diferente para diferentes partes de uma família de peças;
- **linha de fluxo:** as máquinas e equipamentos são ordenados de acordo com as sequências de processos de as peças a serem fabricadas, como por exemplo na indústria automotiva.
- **fluxo contínuo:** Como em uma linha de fluxo, os processos são dispostos na sequência de processamento dos produtos, como por exemplo, na produção de líquidos e gases.

Para Schroeder (1981) *apud* Moreira (2003), a classificação anterior é suficiente para sistemas industriais, pois está associada ao tipo de fluxo, mas incompleta se aplicada a serviços. Dessa forma, o autor sugere uma classificação cruzada, que relaciona a divisão apresentada à dimensão por tipo de atendimento ao consumidor. Nesta dimensão, propõe os sistemas orientados para estoque e os orientados para encomenda.

Os sistemas orientados para estoque oferecem serviços rápidos e a baixos custos, onde a flexibilidade do cliente é reduzida às opções ofertadas. Já os sistemas orientados para encomenda, as operações são ligadas a um cliente particular, com o qual se discute o preço, o prazo de entrega do produto em questão (MOREIRA, 2003).

Chrissolouris (2006) conclui que estas estruturas de sistema de produção ocorrem frequentemente combinadas ou com ligeiras alterações. A escolha de uma estrutura depende da concepção das partes a serem fabricadas, dos tamanhos, dos lotes de peças, e em fatores de mercado, tais como a capacidade de resposta necessária às mudanças do mercado.

Atualmente, com as inovações tecnológicas e de processos, a construção civil se encaixa nessa combinação de processos. Apesar do caráter predominante de um sistema de produção por encomenda e projeto, com a adaptação dos conceitos de produção enxuta à sua realidade, hoje é possível encontrar em seus processos sistemas de produção celulares, conceitos que buscam o fluxo contínuo, bem como áreas de montagens de peças, como exemplo dos sistemas de pré-fabricação de unidades habitacionais.

Neste contexto, o presente capítulo busca explorar como se encontra no setor da indústria geral e da construção civil os conceitos, métodos e pesquisas que descrevem os projetos para sistemas de

produção. A ênfase é dada a área de construção civil, onde também são descritos os modelos existentes atualmente sobre a elaboração de PSP.

3.2 CONTEXTO INDUSTRIAL

O projeto do sistema de produção se refere ao planejamento dos processos, que requer conhecimento sobre a estratégia de produção, projetos de produtos ou serviços, tecnologia do sistema de produção e mercado para desenvolver um plano detalhado para produzir produtos e serviços (GAITHER e FRAZIER, 2002).

Para Slack *et al.* (2009), o conhecimento sobre estratégia de produção instaura o contexto no qual outras decisões de PSP devem ser adotadas. O autor indica que a concepção de sistemas produção deve contemplar as seguintes decisões:

- a) integração vertical (decisões de fazer ou comprar);
- b) capacidade produtiva de longo prazo;
- c) localização das operações produtivas;
- d) arranjo físico das instalações;
- e) seleção da tecnologia;
- f) gestão dos recursos humanos.

Conforme Cochran *et al.* (2002), na prática, tem sido um desafio para as organizações integrar os diversos elementos que compõem um PSP (arranjo e operação de máquinas, ferramentas, materiais, pessoas e informações) para favorecer sua estratégia de negócios. O PSP consiste não apenas em equipamentos físicos, ele é um processo multidisciplinar que abrange todos os aspectos da criação e operação de um sistema de produção, onde pessoas gerenciam, operam, comunicam-se, bem como interagem com toda a cadeia de suprimentos da empresa.

Jacobsen *et al.* (2001) indicam que a fase de concepção de um sistema de produção se inicia com uma análise das restrições e graus de liberdade para o projeto, divididos em quatro grupos:

- reflexões sobre a tecnologia (capacidades essenciais, grau de automação) e como o sistema de produção planejado se encaixa no fluxo logístico da gestão da cadeia de suprimentos;
- reflexões ambientais e éticas sobre o meio ambiente no qual esta inserido, locais de trabalho dos funcionários, e a responsabilidade pelos produtos produzidos;
- reflexões do mercado para satisfazer suas expectativas com agilidade;

- reflexões organizacionais que tratam da integração humana e influência na produção.

A resposta sobre as reflexões ambientais, éticas e de mercado podem influenciar diretamente a imagem da empresa. Já as reflexões organizacionais ajudam na redução de custos, prazos e produtos de qualidade (JACOBSEN *et al.*, 2001).

Os autores descrevem o modelo MERIP (*Menneskelige Ressourcer I Produktionen*) para o projeto de sistema de produção. O termo dinamarquês representa recursos humanos na produção, portanto, sendo um modelo que enfatiza a capacitação da força de trabalho como uma estratégia para lidar com o aumento da complexidade tanto dentro como fora da organização.

No MERIP, quatro blocos de construção são constituídos e valorizados igualmente com base na definição de um sistema de produção (Figura 2). A tecnologia, os recursos humanos, a informação e a organização estão intimamente relacionadas. A etapa de projeto deve ser um processo iterativo que envolve os funcionários para garantir que os engenheiros e gerentes não sejam as únicas pessoas que transfiram as suas ideias e opiniões.

Figura 2 - Modelo do sistema de produção MERIP.



Outros autores também desenvolvem modelos e apresentam ações para o PSP de modo que este alcance os objetivos estratégicos da empresa (como por exemplo, Cochran *et al.*, 2002; Ballard *et al.*, 2001; Matt, 2008). Os primeiros propõem um método de decomposição de um conjunto diversificado de requisitos que constituem um sistema de produção. Em resumo, o processo consiste em selecionar o conjunto de soluções (meios ou parâmetros de projeto) que devem satisfazer a determinados objetivos do projeto (requisitos funcionais).

Ballard *et al.* (2001) ressaltam que o sistema de produção deve ser desenvolvido buscando alcançar a maximização de valor e a redução de desperdícios na produção de bens e serviços. Para isto, apresentam ações para o PSP de modo que esses objetivos sejam alcançados.

Neste contexto, tem-se discutido na literatura que os princípios da produção enxuta tornaram essenciais para projetos modernos de sistemas de produção, em que o seu papel vai além de uma vantagem competitiva única para ser um pré-requisito vital na concorrência global (MATT, 2008).

De acordo com os princípios *lean* (fluxo e valor), os sistemas de produção e as operações de fabricação relacionadas são organizados em função dos produtos exigidos, da quantidade de produção, da variedade de produtos e dos requisitos de qualidade, para satisfazer a demanda do mercado e necessidades dos clientes (MATT, 2008).

Para isto, o paradigma de manufatura enxuta utiliza certas técnicas de produção fundamentais, tais como melhoria contínua (*Kaizen*), gestão da qualidade total (TQM), *design* robusto (*Taguchi methods*), controle estatístico de processos (SPC), *just-in-time* (JIT), e outros (KOREN e ULISOY, 1997).

Matt (2008) propõe que um sistema de produção pode ser visto como um conjunto de módulos de produção (subsistema, processo, montagem ou célula de produção) ao longo de fluxos de valor de uma empresa. Assim, cria um modelo com os dez passos que fornece orientação metodológica para o PSP enxuto.

A concepção de sistemas de produção se configura como uma área em desenvolvimento constante. Novos paradigmas estão em desenvolvimento para tratar da necessidade de que seu projeto contemple também, nas mudanças exigidas pelo mercado, além das questões de qualidade (INMAN *et al.*, 2013), possibilidades de reconfiguração (como descrito por Koren e Ulsoy, 1997; Rösiö e Säfsten, 2013) e sustentabilidade (BI, 2011).

Inman *et al.* (2013) realizam uma revisão de literatura que mostra ligações sólidas e oportunidades de integração entre a concepção do sistema de produção (cadeia de suprimentos, planejamento da produção, layout do sistema, seleção de equipamentos e gestão da produção) e concepção do sistema de controle de qualidade (desdobramento da função qualidade, análise de modos de falha e efeitos, planejamento de inspeção, projeto de experimentos e controle estatístico de processo).

A literatura que descreve metodologias de concepção de sistemas de produção geral não fornece suporte para o projeto do sistema de produção reconfiguráveis, ou seja, não identificam as possibilidades de mudança, rearranjo, alteração de capacidade e componentes no momento de sua concepção, e em alguns casos, nem mesmo ao longo do processo (RÖSIÖ e SÄFSTEN, 2013).

Para Koren e Ulsoy (1997), este novo paradigma da produção reconfigurável requer o desenvolvimento de métodos sistemáticos e ferramentas de software para criar PSP e de máquinas com rapidez. Para isto acontecer, é necessário que a sistemas de produção já sejam concebidos de forma a serem modulares, integráveis, conversíveis, diagnosticáveis e personalizáveis. Neste contexto, Rösiö e Säfsten (2013) exploram as questões teóricas e práticas para alcançar um PSP reconfigurável que considerem todos os seus subsistemas.

A sequência de estudos sobre sistemas de produção chega atualmente à necessidade de considerar a sustentabilidade em seu projeto. Isto ocorre devido ao desenvolvimento das exigências dos clientes, de novas legislações governamentais, de valores públicos, das prioridades ambientais, da escassez de recursos naturais e do aumento dos custos de energia (BI, 2011).

Bi (2011) induz que a próxima geração de paradigmas de sistema será uma forma híbrida de vários paradigmas, tais como a combinação de produção enxuta e fabricação reconfigurável, sendo pouco provável que exista um novo paradigma de produção totalmente sustentável. O autor sugere que um novo paradigma do sistema deve possuir as capacidades de “6Rs” (refabricação, reuso, reprojeto, reciclar, recuperar, e reduzir) para maximizar o aumento de valor dos produtos.

3.3 CONTEXTO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

A fundamentação teórica da produção na construção é embasada na teoria da produção e gestão, bem como nos conceitos peculiares dessa indústria. Na medida em que a teoria da produção visa os princípios de transformação, fluxo e geração de valor; a teoria da gestão implica que

esses princípios sejam aplicados as ações gerenciais de projeto, operação e melhoria do sistema de produção (KOSKELA e BALLARD, 2003).

Para o caso dos conceitos, modelos e aplicações práticas sobre PSP na construção civil, o seu desenvolvimento se encontra evidenciado ainda através de ações incrementais. Esta ainda é uma atividade gerencial pouco explorada tanto na prática do setor, como academicamente, tendo em vista o pequeno número de trabalhos publicados (SCHRAMM, 2009).

A partir da formulação do PSP, podem-se antecipar as decisões relacionadas ao sistema de produção do empreendimento tentando garantir sua operacionalização antes do início da execução. Este intuito se deve a necessidade de reduzir os níveis de incerteza e variabilidade das construções, amplificados em função das características peculiares desses empreendimentos, como velocidade, repetitividade e pequena margem de lucro (BALLARD *et al.*, 2001; SCHRAMM, 2004; LEITE *et al.*, 2006).

Algumas pesquisas se preocuparam em estudar esse assunto e definiram as decisões que deveriam estar presentes na sua elaboração. Para Halpin e Woodhead (1976), o PSP é caracterizado por um procedimento com quatro atividades principais:

- um plano que seleciona a tecnologia de construção adequada e define atividades de trabalho a serem desenvolvidas por meio da lógica tecnológica;
- seleção do conjunto de recursos (equipamentos e mão-de-obra) disponíveis para o desenvolvimento do processo de trabalho;
- criação de políticas gerenciais;
- monitoramento e avaliação do desempenho dos processos de construção.

No contexto da construção, pesquisas têm utilizado o termo *work structuring* (estruturação do trabalho) para se referir ao PSP (BALLARD *et al.*, 2001). Este conceito foca principalmente na estruturação organizacional e criação de estruturas que dividem o trabalho a ser executado.

Para Schramm (2009), as decisões tomadas durante a fase de elaboração do PSP necessitam que sejam formalmente registradas, sendo primordial a elaboração de um relatório ao final do processo. Este deverá ser utilizado para embasar tanto as decisões ao longo da fase de execução, como a elaboração do PSP de futuros empreendimentos.

Oliveira (2010) reforça essa compreensão entre a comunicação e a gestão de obras por base em políticas gerais da organização e do direcionamento estratégico. O autor verifica que antes no início do

empreendimento existe uma série de conversações e geração de textos necessários para integração entre os níveis estratégico e tático.

Dentre os textos existentes nesta fase, Oliveira (2010) destaca, além da documentação do agente financeiro, no caso de empreendimentos financiados, os materiais gerados pelas organizações, tais como: cronogramas, planos de ataque (divisão da obra em regiões e definição dos fluxos ao longo dessas regiões), previsão de estrutura de trabalho (definição de equipes e escopo de serviços associados a elas) e planilhas com definição das etapas e critérios de medição (Planilha de Levantamento de Serviços - PLS).

Conforme Leite *et al.* (2006), o período despendido com a criação do PSP é curto diante dos seus potenciais benefícios. Os autores acreditam que um período de quatro semanas antes do início do empreendimento, aproximadamente de oito a dez horas de reuniões e de quatro a seis horas de preparação das planilhas e ferramentas utilizadas, é suficiente para a sua elaboração. No entanto, reforça a necessidade de uma equipe dedicada, autonomia para a tomada de decisões e conhecimento técnico dos participantes.

Dentre os estudos práticos sobre o PSP, Carneiro *et al.* (2009) descreveram o método de PS-37 com base nas etapas da Teoria das Restrições de Goldratt (pressupor, predeterminar, processar, subordinar), nos sentidos de organização 5S (*seiri, seiton, seiso, seiketsu, shitsuke*) e na segurança.

Schramm *et al.* (2009) exploram a tendência do mercado sobre a crescente demanda por casas personalizadas e utilizam os princípios *Lean* para apoiar a reformulação do projeto de sistemas de produção em uma empresa de construção habitacional segundo a estratégia de flexibilização.

Howell (2010) discute a evolução da área de gestão para um novo sistema operacional baseado na teoria, princípios e práticas de projeto do sistema de produção que reduz o desperdício, estimula a aprendizagem e inovação, e entrega mais valor aos clientes e outros participantes; seu foco está na otimização em nível do projeto e muda o equilíbrio, limites e regras de concorrência e cooperação.

Conforme Howell (2010), este é um novo sistema *lean* operacional baseado em fluxo e seu objetivo principal é organizar o trabalho para maximizar a produtividade e progresso. As ideias dessa mentalidade estão em formação e em sua pesquisa o autor discute como este se encaixa no contexto da sustentabilidade; entrega do projeto; estrutura industrial; relações entre contingências, tolerâncias, confiança e aprendizado; organização do projeto e controles; e por fim reflete sobre valores e ética.

O capítulo 4 do presente estudo aborda, de forma mais detalhada, outras pesquisas que focam o PSP, sua importância e como o mesmo está presente nas várias áreas de competência da produção, seja de forma isolada ou inter-relacionada.

A seguir serão descritos os modelos para concepção sistemas de produção existentes na literatura sobre a indústria da construção. Os estudos são uma base atual para o PSP neste setor, pois além de adaptarem os conceitos provenientes da teoria sobre gestão e produção, fornecem sua validação por exemplos práticos no ambiente da construção.

3.3.1 Projeto do Sistema de Produção em EHIS

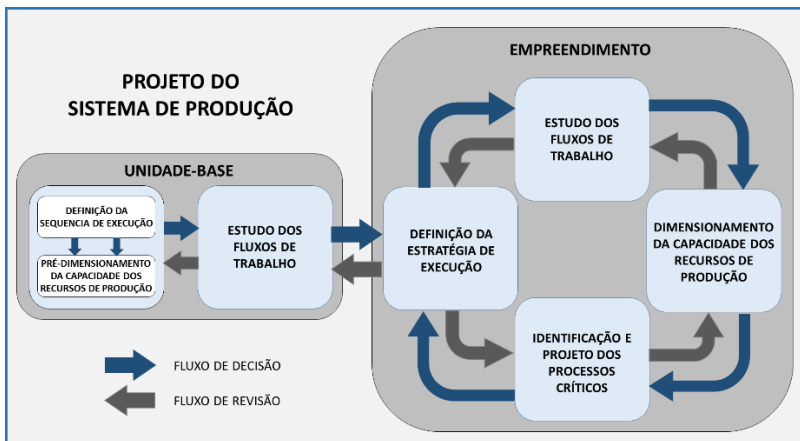
O tema sobre PSP vem sendo desenvolvido e aperfeiçoado por diversos esforços apresentados pelo pesquisador Fábio K. Schramm (como por exemplo, Schramm, 2004; Leite *et al.*, 2006; Saffaro *et al.*, 2006; Schramm, 2009; Schramm *et al.*, 2009). Nesse contexto, merece destaque o modelo criado em 2004 e aperfeiçoado em 2009 para Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social (EHIS).

Schramm (2004) destaca os benefícios na consideração simultânea entre o projeto do produto e dos processos de produção individuais para a obtenção de facilidades na execução, redução de tempos e custos da produção. Outra constatação importante do autor é a necessidade de integração entre o PSP e o PCP, a partir da qual se discute e avalia a eficácia e eficiência das ações propostas para concepção da produção.

Seus estudos concordam com Slack *et al.* (2009) quando considera que as etapas de elaboração do PSP devem ser realizadas em consonância com a estratégia de produção da empresa. Embora faça essa afirmação, conforme o modelo proposto por Schramm (2004), apresentado na figura 3, a sua pesquisa não abrange as todas as categorias de decisões apresentadas pela literatura de produção.

O escopo de decisões do modelo é definido com base em uma série de seis etapas agrupadas de acordo com a unidade de análise a que se referem: a unidade-base ou o empreendimento como um todo (SCHRAMM, 2004).

Figura 3 - Modelo de elaboração do PSP para EHS.



Fonte: Schramm (2004).

De acordo com o modelo, as etapas devem ser percebidas de forma integrada, uma vez que a modificação de uma das decisões estabelecidas repercutirá, em maior ou menor grau, sobre as demais. Desta forma, há setas em dois sentidos, uma no sentido do fluxo de decisão, caracterizado pela definição da etapa, e a outra no sentido do fluxo de revisão, necessária em função do aspecto iterativo do processo. Nesse contexto, cada etapa é descrita a seguir:

- **definição da sequência de execução e pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção da unidade-base:** são coletados dados preliminares a respeito do tipo de empreendimento em estudo; define-se a unidade-base de produção; determina-se a sequência de execução dessa unidade-base; discute-se o nível de integração vertical e seleção das tecnologias construtivas a serem utilizadas;
- **estudo dos fluxos de trabalho:** são estabelecidos fluxos de trabalho das equipes de produção nas unidades-base com relação às dimensões espaço e tempo para identificar e sanar possíveis interferências entre equipes; sugere-se a utilização da técnica da linha de balanço (LOB), dada sua característica de fornecer, de forma gráfica e de fácil compreensão, trajetórias e ritmos de produção e informações de duração;

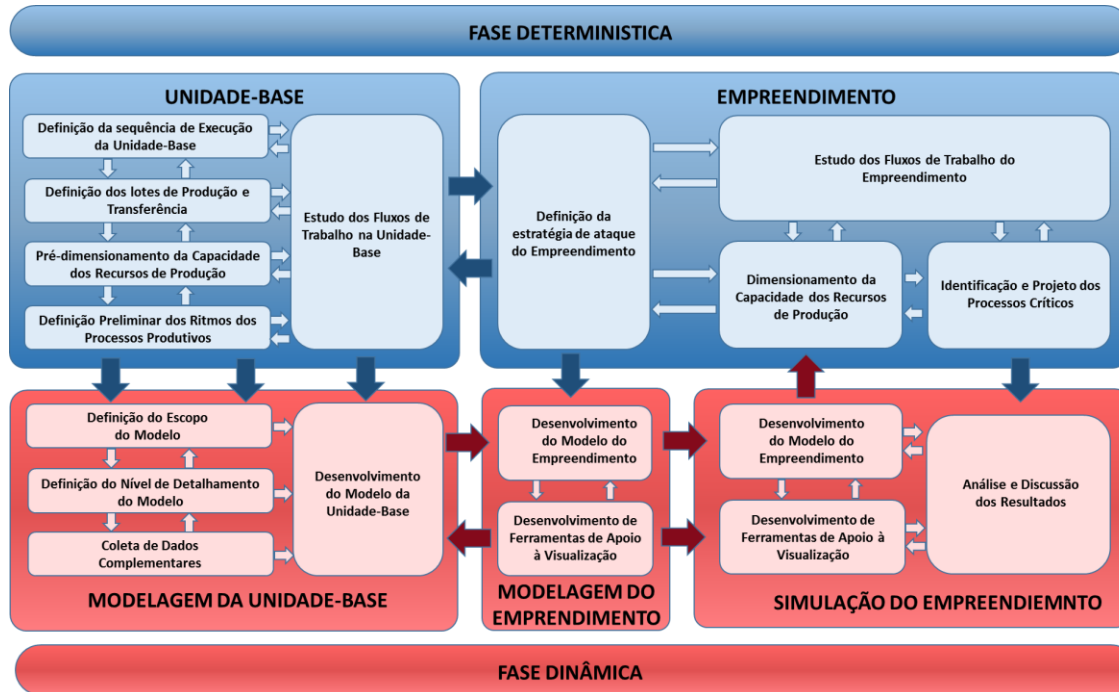
- **definição da estratégia de execução do empreendimento:** é realizada a subdivisão do empreendimento em zonas de trabalho; organizadas as trajetórias das equipes de produção para formular uma estratégia de ataque composta pelas trajetórias das várias equipes de execução dos processos;
- **estudo dos fluxos de trabalho no empreendimento:** compreende a análise dos fluxos de trabalho a partir da estratégia de execução e do estudo dos fluxos de trabalho na unidade base principalmente com relação àqueles processos considerados críticos para o sistema de produção;
- **dimensionamento da capacidade dos recursos de produção:** os dados do pré-dimensionamento da capacidade dos recursos de produção (equipes e equipamentos) idealizados na primeira etapa são revisados para execução do empreendimento;
- **identificação e projeto de processos críticos:** detectam-se as atividades que interferem na produção como um todo e se projeta em detalhe seus processos para minimizar os efeitos negativos que devem acarretar ao sistema.

Schramm (2009), em sua tese, incrementa o seu modelo proposto em 2004, tendo a simulação computacional como ferramenta de apoio à tomada de decisão (figura 4). Tal modelo continua com seu escopo limitado a decisões de caráter operacional, deixando de fora as decisões relacionadas ao caráter estratégico.

O modelo de simulação utilizado no estudo viabiliza a compreensão das interações dinâmicas entre os diferentes processos que compõem o sistema de produção dos empreendimentos e a consideração da variabilidade inerente aos processos produtivos. Assim, quanto mais cedo o modelo de simulação estiver disponível, maiores as oportunidades para seu potencial emprego (SCHRAMM, 2009).

Para o autor, deve-se ter cuidado com emprego de modelos mais detalhados, pois os mesmos apresentam algumas desvantagens, tais como: afeta o esforço e o tempo requeridos para o desenvolvimento de cada cenário a ser simulado; bem como, qualquer pequena modificação na configuração do sistema de produção requer a respectiva atualização do modelo.

Figura 4 - Modelo de elaboração do PSP por Schramm (2009).



Fonte: Schramm (2009).

O modelo proposto divide o PSP em duas fases que se sobrepõem. A fase determinística com definições baseadas no modelo anterior (SCHRAMM, 2004) e a fase dinâmica, onde são desenvolvidos os modelos de simulação e testados cenários para apoiar a tomada de decisão.

Na fase determinística, outras duas decisões estão presentes, além das presentes no modelo anterior: o dimensionamento dos lotes de produção e a transferência e definição preliminar dos ritmos dos processos produtivos; pois são informações importantes para o desenvolvimento do modelo de simulação.

Na fase dinâmica existem três etapas. A primeira é a modelagem da unidade-base, onde se define o escopo do modelo a ser desenvolvido abrangerá todo o empreendimento ou apenas uma parte do sistema de produção. Em seguida, o nível de detalhamento do modelo, diretamente relacionado ao esforço e ao tempo necessários para o seu desenvolvimento. Ainda nesta fase pode ser necessária a coleta de dados complementares, taxas de produção para um determinado processo, entre outros.

A segunda etapa trata da modelagem do empreendimento para definir o número de modelos ou submodelos necessários para representar o sistema de produção do empreendimento, com base na definição da estratégia de execução do empreendimento. Nesta etapa, podem-se desenvolver ferramentas de visualização para facilitar a percepção e a avaliação dos cenários a serem simulados, como a linha de balanço.

A simulação do empreendimento é a terceira etapa da fase dinâmica. Nesta são definidos e testados os cenários, o emprego das ferramentas de visualização para apoiar a análise e a discussão dos resultados, que são utilizados para avaliar decisões no nível do empreendimento, como a estratégia de ataque, o estudo dos fluxos de trabalho e o dimensionamento da capacidade dos recursos de produção.

Schramm (2009) conclui que a implementação do PSP deve ocorrer em estágios que coincidem com o nível de consolidação do PSP como uma prática gerencial e que o emprego da simulação tem seus maiores benefícios para empresas que se encontram no estágio de maior consolidação do PSP e que detém certo domínio sobre a tipologia e tecnologias construtivas empregadas no empreendimento.

Apesar do refinamento do modelo original de 2004, este se baseou no somatório das evidências oriundas de quatro estudos realizados, não sendo formalmente aplicado em nenhum desses. Mesmo assim, a relevância da pesquisa de Schramm (2009) reside no fato de contribuir para um melhor entendimento acerca dos sistemas de produção da

construção civil e para a consolidação do PSP como um processo gerencial neste setor, pouco abordado na literatura acadêmica.

3.3.2 Projeto do Sistema de Produção para Obras Complexas

Rodrigues (2006) propõe um modelo para o PSP que considera as características de empreendimentos ditos complexos, ou seja, aqueles que apresentam elevado número de envolvidos no processo, grande variabilidade e elevado grau de incerteza, pouca repetitividade, alta interferência dos clientes e curto prazo para entrega.

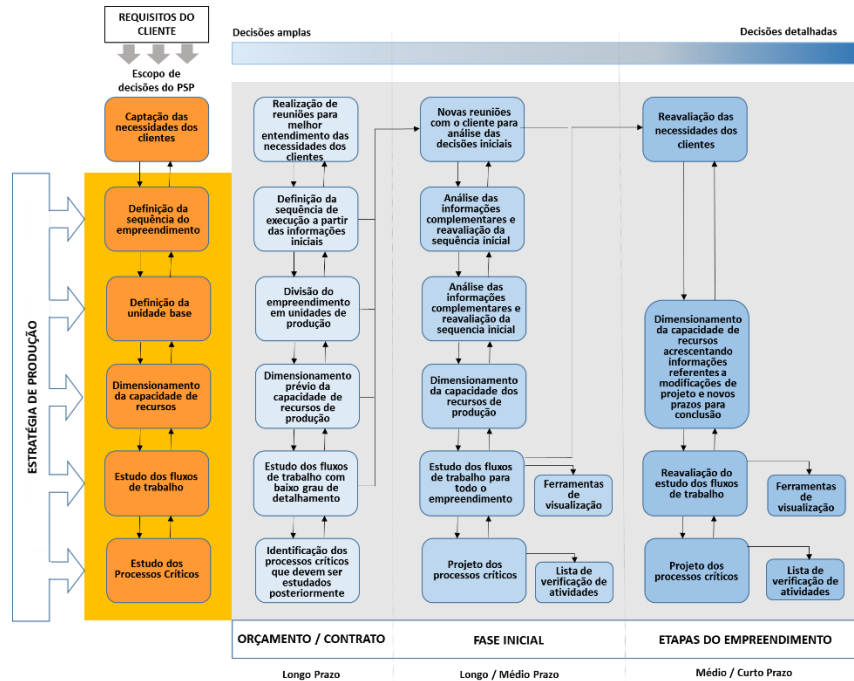
De acordo com o modelo proposto (figura 5), as decisões estratégicas da produção são consideradas requisitos de entrada para a elaboração do PSP. Os critérios competitivos adotados pela empresa devem ser analisados antes da elaboração do PSP, de forma que este contribua para atingir os objetivos competitivos da empresa. Apesar dessa consideração, Rodrigues (2006) não detalhou as decisões estratégicas da produção utilizadas em seus estudos empíricos.

As ações definidas no seu modelo se diferenciam de Schramm (2004) no que diz respeito à captação das necessidades dos clientes e ao período que deve ser realizado o PSP. Enquanto que as características comuns residem no caráter determinístico dos dados utilizados, ou seja, para simplificar a modelagem dos problemas não consideram a variabilidade e o impacto desta inerente aos processos produtivos.

Segundo o modelo, a formatação do PSP para empreendimentos complexos acontece em várias fases, pois estes apresentam maior grau de incerteza em relação aos EHIS: fase de orçamento e contratação: elaborase o PSP para todo o empreendimento por meio de decisões amplas e pouco detalhadas; fase inicial da obra: reavaliam-se as decisões tomadas na fase de orçamento e contratação, com base em novas informações; etapas do empreendimento: reavaliação do PSP após o início do empreendimento.

A contribuição relevante do modelo está no fato que considerar a captação das necessidades dos clientes para diminuir a incidência de modificações tardias de projeto e atender a requisitos de prazo e qualidade. Esta captação deve acontecer nas fases de orçamento, contratação e fase inicial do empreendimento, e eventualmente nas etapas do empreendimento.

Figura 5 - Modelo de PSP proposto para empreendimentos Complexos.



Fonte: Rodrigues (2006).

O trabalho de Santos *et al.* (2012) utiliza o modelo de Rodrigues (2006) para implementar o PSP em uma obra de Retrofit. Na construção civil, este termo se refere a empreendimentos que são construídos sobre estruturas ou instalações antigas ou com outro uso anterior. As peculiaridades de sua gestão de projetos admitiram os autores classificá-las como obras complexas.

Apesar da validação parcial do modelo de Rodrigues (2006), pois a pesquisa se deu principalmente no âmbito do PCP, este apresentou como principais contribuições: a importância da definição prévia dos projetos executivos e a necessidade de um estudo detalhado dos materiais a serem utilizados neste tipo de obra, sendo para isto indicado o uso de prototipagem.

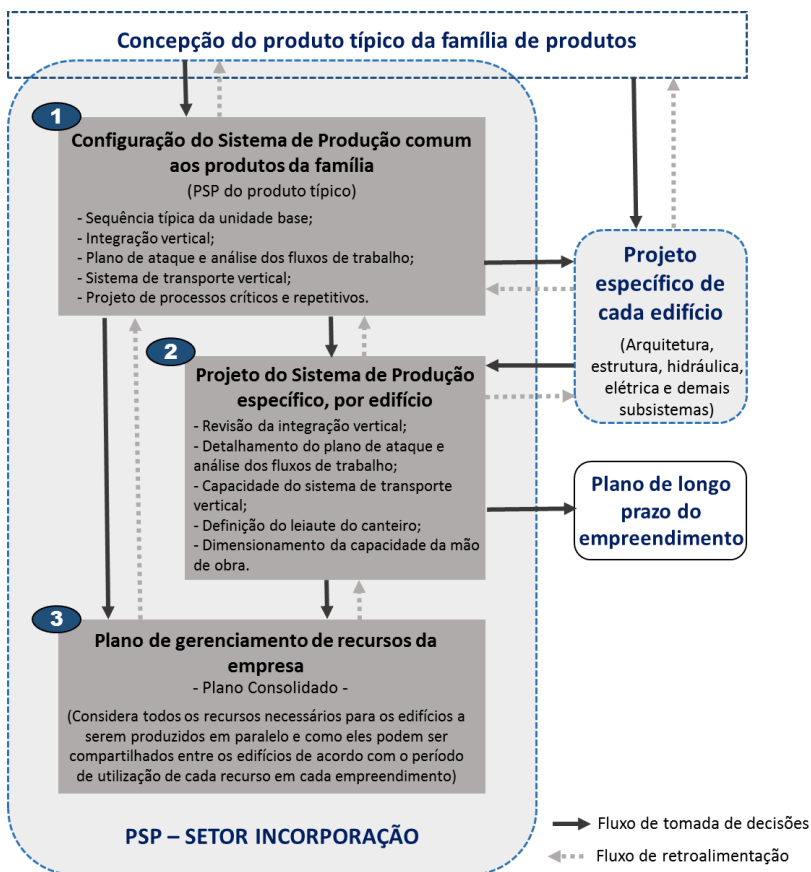
3.3.3 Projeto do Sistema de Produção para Construtoras Incorporadoras

No contexto das incorporadoras de edifícios residenciais multipavimentados, Souza Neto (2007) apresenta um modelo para elaboração PSP. Seus empreendimentos apresentam diferentes arranjos arquitetônicos, mas possuem grande repetitividade dos processos produtivos entre os edifícios quando visam um mesmo nicho de mercado.

Souza Neto (2007) afirma que os aspectos do sistema de produção se repetem de um edifício para outro da empresa e podem ser padronizados e racionalizados quanto à utilização dos recursos, mediante a identificação de oportunidades de compartilhamento entre os edifícios. O modelo (figura 6) identifica três grandes grupos de decisões a serem avaliadas na etapa de PSP:

1. referentes aos aspectos do sistema de produção que podem ser padronizados para todos os empreendimentos da empresa;
2. que dizem respeito aos empreendimentos individualmente, considerando suas especificidades e em um nível maior de detalhes;
3. referentes à composição de todo sistema de produção da empresa, nas quais se busca identificar oportunidades de compartilhamento dos recursos de produção entre seus empreendimentos.

Figura 6 - Modelo de PSP em construtoras incorporadoras de edifícios.



Fonte: Souza Neto (2007).

A cada novo empreendimento da empresa incorporadora deve existir um padrão para a criação do seu sistema de produção específico, além de se ter conhecimento de quais e em que momento os recursos provenientes dos outros empreendimentos da empresa estarão disponíveis para serem compartilhados (SOUZA NETO, 2007).

Contudo, Souza Neto (2007) reconhece que seu modelo não identifica nem testa fatores intervenientes na elaboração do PSP como os aspectos de avaliação da estrutura organizacional, qualidade do sistema de planejamento e informação; a estratégia de produção e capacidade dos

profissionais envolvidos na elaboração; cumprimento das decisões iniciais, comprometimento dos fornecedores e acurácia das informações para dimensionamento da capacidade dos recursos de produção.

3.4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo torna evidente que melhores níveis de produção, eficiência e qualidade são alcançados com a concepção de sistemas de produção adequados à realidade da empresa, concorrência e exigências do mercado. Com base no que foi exposto, comprova-se a ênfase na questão operacional do PSP indicadas por Laufer e Tucker (1987) e Koskela e Ballard (2003) e menos estratégica como propõe o presente trabalho.

Ou seja, de acordo com a revisão bibliográfica sobre PSP na construção civil, o escopo de decisões sugeridas nos modelos propostos pelos autores, em sua maioria, contempla os requisitos necessários para a programação da obra e não aqueles abordados pela teoria sobre as categorias de decisão na estratégia de produção.

Conforme Howell (2010) deve-se evitar pensar e agir como se os projetos normalmente pudessem ser controlados com modelos conhecidos simples de causa e efeito. Para mudar essa mentalidade é preciso adotar uma abordagem de aprendizagem para a concepção e gestão do PSP em um sistema enxuto de fluxo que entregue mais valor.

Portanto, diante da perspectiva abordada, o capítulo seguinte apresenta uma revisão de áreas com evidências de ações sobre a produção que demonstram sua importância para concepção de sistema de produção na indústria da construção.

4 ÁREAS COM DECISÕES PARA O PSP NA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos anos, diversos pesquisadores abordaram a necessidade de estudar algumas decisões antes da etapa de execução da obra de forma isolada, tais quais as categorias de decisão estratégicas indicadas pela literatura de estratégia de produção.

Este capítulo faz uma revisão sobre as principais áreas de competência da função produção na indústria da construção civil. Pretende-se demonstrar que a importância de cada uma delas na concepção de sistemas de produção vai além das vantagens individuais. Estas áreas estão intimamente inter-relacionadas na garantia da eficiência e qualidade os processos durante todo o ciclo de vida do empreendimento.

Portanto, os estudos apresentados devem garantir uma forma de sistematizar o conhecimento já existente rumo a uma teoria sobre PSP na construção.

4.2 TECNOLOGIA DA PRODUÇÃO

A montagem de sistemas produtivos se baseia inicialmente no processo de escolhas tecnológicas. A discussão sobre os métodos e processos, juntamente com os princípios de industrialização e racionalização, tem por objetivo apresentar referências e diretrizes para a definição do processo construtivo e para o desenvolvimento do projeto de produção integrado ao projeto do produto (SILVA *et al.*, 2010).

Para Jobim *et al.* (2006), a seleção tecnológica pode ser definida como a escolha, segundo critérios pré-definidos, de um sistema construtivo, subsistema, componente ou material, a partir de um conjunto de alternativas possíveis. Seus critérios de escolha devem abranger o maior número possível de requisitos e permitir a avaliação de alternativas do ponto de vista de todos os envolvidos.

Além da participação dos envolvidos na escolha, a compreensão de como tecnologias do passado melhoram a produtividade construção e como novas tecnologias podem fazer o mesmo, auxiliam estes a identificar antecipadamente as tecnologias emergentes com potencial para melhorar a produtividade (GOODRUM *et al.*, 2010).

A escolha das tecnologias adequadas para uma dada obra é um fator chave de sucesso para empresas construtoras envolvidas com o mercado de habitações de baixo custo. É preciso avaliar a influência de

diferentes tecnologias sobre a gestão da função produção, tanto em nível operacional quanto em nível estratégico para que as empresas continuem competitivas (SAN MARTIN, 1999).

No entanto, o desenvolvimento de metodologias de seleção tecnológica no Brasil é lento, com poucas informações para análises desta natureza (JOBIM *et al.*, 2006). Além disso, o seu procedimento de introdução em empresas produz mudanças na estrutura, processos e espaços organizacionais e está sujeito a barreiras no que se refere a sua implementação (CARDOSO *et al.*, 2010).

Contribuições neste sentido são apresentadas por pesquisas como San Martin (1999) e Cardoso (1999). Ambos apresentam um método para avaliar a adoção de tecnologias de edificações voltadas à construção de habitações de baixo custo, entretanto diferem no enfoque da análise. O primeiro analisa sob o ponto de vista da gestão da produção quanto aos seus objetivos de qualidade e desempenho, já o segundo sob a ótica de custos.

No entanto, Jobim *et al.* (2006) afirmam que a escolha da tecnologia apropriada deve ainda ser avaliada quanto às exigências do uso a que se destina, recursos disponíveis, condições físicas, ambientais, socioculturais e político-econômicas da região em que se inserem. Para isto, através de uma abordagem teórica, sugerem uma ferramenta de análise para a seleção tecnológica que contempla os aspectos relacionados ao planejamento do empreendimento, projeto, execução e avaliação.

Goodrum *et al.* (2010) desenvolvem um modelo para avaliar a probabilidade de que uma tecnologia pode bem sucedida na melhoria da produtividade construção. O modelo é dividido em quatro etapas que examinam os custos, viabilidade, histórico de uso e os impactos técnicos de uma tecnologia.

Na prática, verifica-se com frequência que as empresas atribuem muito mais importância às questões de cunho financeiro na hora de planejar a implementação de uma tecnologia e deixam de lado outras questões como os impactos na organização, ajuste na estrutura organizacional, capacitação de pessoal, entre outros aspectos que são de relevância no processo de escolha (CARDOSO *et al.*, 2010).

Cardoso *et al.* (2010) buscam identificar e verificar quais características organizacionais interferem no processo de seleção de AMT (*Advanced Manufacturing Technology* – Tecnologia Avançada de Manufatura). Este termo se refere aos recursos mobilizados pelas empresas com o objetivo de desenvolver maiores níveis de competitividade, como é o caso da integração dos sistemas de produção via automação.

Os autores acreditam que as AMT são escolhidas principalmente conforme critérios operacionais, visando, por exemplo, resolver problemas de qualidade, produtividade, segurança e de confiabilidade. Para que o seu emprego assegure vantagens competitivas às empresas, é necessário que as tecnologias sejam selecionadas segundo critérios que também considerem aspectos estratégicos.

No entanto, sabe-se que na construção civil, especificamente o subsetor de edificações, qualifica-se entre os setores tradicionais da economia, com baixa intensidade tecnológica (GRADVOHL *et al.*, 2011). A fim de contribuir com essa lacuna, esses autores desenvolvem um modelo de análise da acumulação de capacidades tecnológicas em firmas de construção civil do subsetor de edificações que auxiliam no exame e gestão do seu processo de desenvolvimento.

Para Gradvohl *et al.* (2011), capacidade tecnológica é definida como os recursos necessários para gerar e administrar mudanças tecnológicas, sendo esses: o sistema físico (parte técnica da tecnologia); indivíduos, por meio de suas aptidões, conhecimentos e experiências; bem como, ao conhecimento inerente aos sistemas organizacionais, produtos e serviços. Sendo assim, o uso de diferentes níveis de capacidade tecnológica nas empresas permite absolver diferentes níveis de inovação, que vão desde a imitação de produtos/processos já existentes (através de *bechmarketing*) até a adoção de novos produtos ou processos organizacionais.

Atualmente a bibliografia já dispõe de diversos exemplos de aplicações de inovações tecnológicas em canteiros de obras, principalmente aquelas voltadas à adoção de conceitos enxutos em seus processos e resultados pretendidos.

Francelino *et al.* (2006) ilustra a utilização de uma série de inovações tecnológicas, utilizadas por uma empresa de construção, interligadas aos princípios da construção enxuta, sob a alegação da vantagem dos seus baixos custos de implantação. Como por exemplo: *andon*, linha de balanço, laje maciça com alvéolos de tijolos cerâmicos de grandes dimensões e a otimização da utilização do guincho de cargas através de estudos de tempos e movimentos. O objetivo é alcançar uma maior racionalização, um aumento de produtividade e qualidade para os produtos.

Brandstetter *et al.* (2010) segue a mesma linha e abrange os itens de apoio e dignificação da mão-de-obra, organização do canteiro, movimentação de materiais e deslocamentos internos, utilização de ferramentas, máquinas e técnicas especiais, segurança do trabalho, comunicações internas, além de inovações relativas à sustentabilidade.

É consenso que as tecnologias construtivas tradicionais não atendam a estes requisitos, porque não propiciam a produtividade necessária e são altamente dependentes de mão-de-obra especializada, cada vez mais escassa devido ao aquecimento do mercado. Desta forma, muitas construtoras estão buscando industrializar seus sistemas construtivos como solução para sua atuação no mercado de baixa renda (SILVA *et al.*, 2010).

Segundo os autores, para que a construção civil busque sua industrialização é preciso propor sistemas construtivos efetivos, com processos de desenvolvimento tecnológico semelhantes à indústria seriada. Ou seja, de forma planejada, estruturada, percorrendo todas as fases desde o projeto da tecnologia, passando pelas avaliações prévias de desempenho e construtibilidade, até sua efetiva implantação.

O contexto de inovações tecnológicas da última década aponta para os avanços da Tecnologia da Informação e Comunicação – TIC (SARGENT *et al.*, 2012). O destaque atual neste sentido está para o uso do *Building Information Modeling* (BIM), ou Modelagem da Informação da Construção, que tem representado a peça central da tecnologia no mercado de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), sobre os aspectos de projeto, construção e operação de edifícios.

Para Eastman *et al.* (2008), o termo BIM tem suas raízes na investigação de desenho assistido por computador, sendo dessa forma, "uma simulação inteligente da arquitetura", capaz de representar o projeto tridimensionalmente (3D); permitir dimensionar e quantificar todos os elementos; compreender as intenções do projeto em termos de desempenho e construtibilidade, que incluem os aspectos de sequências, métodos e recursos financeiros; ser acessível a toda equipe envolvida no projeto; e ser útil em todas as fases de vida de uma instalação.

Succar (2009) vai mais além das características de físicas de projeto e indica que o BIM é um conjunto integrado de políticas, processos e tecnologias que geram uma metodologia para gerenciar os dados essenciais do projeto e da construção em formato digital ao longo do ciclo de vida do edifício.

Dentre os problemas existentes no ambiente da construção, Khosrowshahi e Arayici (2012) citam que a aplicação do BIM permite alcançar: redução do erro, retrabalho e desperdício para uma melhor sustentabilidade; melhor gestão de riscos; remoção de perdas na etapa de projeto do processo; maior facilidade de gestão durante todo ciclo de vida do empreendimento; capacidade de lidar melhor com as mudanças de projeto realizadas pelos clientes e as implicações; ganhar apoio da cadeia de fornecedores na produção de documentos e de um conjunto de

habilidades destes; e apreciação da gestão da construção com o uso de tecnologia.

Os benefícios presentes na aplicação dessa ferramenta têm ampliado a discussão de sinergias potenciais entre iniciativas da construção enxuta e o BIM (SACKS *et al.*, 2010). Enquanto a construção enxuta aborda questões inerentes ao processo de construção, o BIM supera os obstáculos dos desenhos em CAD 2D e oferece soluções para lidar eficientemente com o modelo do produto.

Essas discussões estão atualmente no patamar de outro paradigma superado por essa tecnologia, a implementação de sistemas integrados com o planejamento da obra, especificamente a integração com os conceitos do método *Last Planner* de planejamento. A literatura usa o termo simulação 4D BIM, onde um plano mestre é anexado ao modelo e o cronograma do projeto pode ser simulado em 3D a um nível macro, permitindo aos gerentes de projeto avaliar os planos de construção para conflitos de tempo e espaço entre as operações e elementos (SACKS *et al.*, 2010a; DAVE *et al.*, 2011).

Enquanto Dave *et al.* (2011) discutem conceitos teóricos do “VISILEAN”, sistema em fase de concepção que permite a programação do fluxo de trabalho, Sacks *et al.* (2010a) implementam um sistema de gerenciamento de construção puxado chamado de “KanBIM”, que usa os princípios do *andon* e *kanban* para concepção de sistemas de produção que contemplem os requisitos de manutenção da estabilidade de fluxo de trabalho, compromisso entre as equipes, planejamento enxuto da produção, comunicação e visualização do fluxo.

Outros estudos tratam da modelagem 4D BIM e dos conceitos enxutos para agregarem valor às atividades operacionais de campo (como por exemplo, Harris e Alves 2013; Biotto *et al.*, 2012). A pesquisa de Harris e Alves (2013) indica resultados sobre a melhoria da transparência das informações e da colaboração para condução da obra, já Biotto *et al.* (2012) usam essa modelagem para apoiar a tomada de decisão na gestão de sistemas de produção, mas especificamente na etapa do PSP.

Biotto *et al.* (2012) utilizam as ferramentas propostas no modelo de Schramm (2004) associadas ao 4D BIM indicam os principais benefícios dessa integração sobre as decisões seguintes: (a) arranjo físico e logístico de canteiro, na definição de equipamentos de acordo com a capacidade produtiva e com as instalações (inclusive de segurança); (b) a definição da sequência das atividades na unidade-base e na unidade de repetição da mesma; e (c) a definição da estratégia de ataque do empreendimento que reflete na conformação dos fluxos de trabalho no canteiro.

Neste panorama, é possível afirmar uma relação positiva entre a adoção de TIC e o desempenho organizacional na indústria da construção. No entanto, sua utilização tem como consequência mudanças nas práticas e processos de trabalho existentes, sendo vistos com resistência pelos membros da organização (SARGENT *et al.*, 2012). Esta resistência se deve inclusive ao fato de esforços atuais concentrados apenas nos aspectos técnicos e operacionais do BIM. (BARROS NETO, 2016).

Khosrowshahi e Arayici (2012) corroboram com a afirmação anterior e complementam que a principal barreira para implementação do BIM é falta de conhecimento sobre a utilidade marginal, risco e benefícios de implementação de BIM. Para isto, concluem que a seleção da tecnologia adequada deve estar alinhada à estratégia futura da empresa. A colaboração entre as partes interessadas é fundamental para aumentar os benefícios de uma visão em profundidade e difundir o risco de investimento.

Neste sentido, Barros Neto (2016) acredita que o processo de adoção BIM necessita de tempo e recursos para preparar as pessoas, definir regras, padrões e obter a infraestrutura. O autor almeja com seu estudo atual estreitar uma discussão sobre a abordagem estratégica (visão de longo prazo), ao considerar a implementação BIM com um processo inovador.

4.3 INSTALAÇÕES DE CANTEIRO

O canteiro de obras deve propiciar a infraestrutura necessária para a produção do produto e organização dos serviços. O desempenho da sua função está ligado ao esforço despendido na etapa de projeto, bem como a forma de gerenciamento empresarial e operacional que influenciam na eficiência da utilização dos recursos disponíveis. (FERREIRA e FRANCO, 1998).

Os autores complementam que a definição do seu projeto necessita contemplar os requisitos de produção fornecidos pelas inovações tecnológicas escolhidas, como também analisar o processo global e os subprocessos específicos, dentro de uma visão holística do empreendimento, sob os aspectos de fluxo e ciclos de produção. A função disto é evitar perdas, identificar atividades que agregam e não agregam valor em relação às necessidades dos clientes internos e externos que facilitem a execução dos serviços.

Alves (2000) corrobora com essa afirmação e indica que nesta etapa é preciso avaliar as implicações relacionadas à localização de instalações provisórias e acesso à obra, como por exemplo, a disposição

dos elementos no projeto que permitam o acesso de caminhões para descarregamento de materiais no canteiro; o posicionamento adequado de equipamentos de transporte; disposição de instalações sanitárias, próximas aos locais de trabalho, entre outros aspectos.

Entretanto, Silva e Cardoso (1998) enfatizam uma ausência de enfoque logístico nos sistemas de produção dos edifícios e apresentam as possíveis melhorias que um estudo detalhado da logística pode contribuir para maior eficiência da produção. Segundo os autores, o planejamento da logística se dá em dois momentos: na fase anterior ao início da obra (planejamento global) e durante a obra (planejamento detalhado, dinâmico e flexível, de acordo com as situações encontradas).

O *layout* do canteiro escolhido pode interferir significativamente no planejamento da obra, pois a capacidade produtiva depende diretamente deste arranjo, como é o caso do número máximo de funcionários; da capacidade de armazenamento e transporte de insumos para produção; da disponibilização de espaços para o trabalho; e da minimização das interferências na produção (SAURIN e FORMOSO, 2006).

Os autores disponibilizam um método para o planejamento de canteiros de obra, incluindo diretrizes para a execução de cada uma das etapas do processo de planejamento. Para eles, o projeto do layout consome uma quantidade muito pequena de horas técnicas e os recursos despendidos são insignificantes face aos benefícios que resultam da sua execução com qualidade.

Mota *et al.* (2012) apresentam um *check-list* de princípios sobre as atividades de movimentação e armazenagem no canteiro de obra que permite diagnosticar a situação do sistema produtivo, desenvolver um pensamento crítico e definir novas estratégias para a formulação do canteiro.

Em virtude da facilidade de métodos para formular o layout do canteiro de obras, os profissionais, muitas vezes, confiam apenas na experiência adquirida ao longo da sua vida profissional e se apoiam informações de planilhas, relatórios escritos e gráficos. Apesar da crescente utilização da tecnologia da informação (TI) por outras indústrias, na construção civil esses recursos ainda são subutilizados para melhoria dos seus processos (FREITAS e SANTOS, 2009).

Mesmo diante da resistência à utilização da TI na construção civil, atualmente diversos estudos dedicam esforços para apoiar a etapa de planejamento do canteiro de obra com essa ferramenta, principalmente para otimizar o *layout* das instalações a fim de minimizar os custos de manuseio de materiais e mão-de-obra (HAMMAD *et al.*, 2015).

A proposta original é apresentada por Tommelein *et al.* (1991), denominado sistema *SightPlan*, estabelece a definição das instalações temporárias em canteiros de obras, que combina a capacidade cognitiva humana e computacional para um melhor resultado. Na sequência, Tommelein e Zouein (1993), revelam o modelo *MovePlan*, uma ferramenta de apoio à decisão gráfica e interativa para o planejamento de layout dinâmico de construções com instalações temporárias.

Sadeghpour *et al.* (2006) apresentam um modelo de planejamento de layout interativo no ambiente CAD implementado com aplicações do Visual Basic para o ambiente AutoCAD e Microsoft Access.

Freitas e Santos (2009) criam uma ferramenta computacional que permite entrada de dados iniciais do planejamento feito no MSProject, além de possuir suporte para projetar um layout para cada fase de construção.

As ferramentas criadas para otimização dos layouts de produção na construção civil utilizam o parâmetro de frequência para estimar o ritmo das viagens entre cada par de instalações num estágio específico da execução da obra. No entanto, existe ainda a falta de uma abordagem sistemática para essas estimativas de frequências com base nas informações disponíveis ainda nas fases iniciais do projeto, pois os estudos anteriores têm por base as experiências do passado que não representam a realidade dos movimentos no projeto atual (HAMMAD *et al.*, 2015).

No entanto, os autores complementam que o layout ideal de um determinado projeto é desafiador e requer a disponibilidade de modelos de planejamento realistas; dados de entrada precisos que representam as condições reais do local, restrições espaciais, requisitos do projeto, inclusive o número de instalações a serem utilizadas; espaços disponíveis e requisitos de transporte; bem como, métodos confiáveis para desenvolver o modelo computacional.

Na prática, assim como na programação da obra, o planejamento do layout que utiliza a TI pode ser submetido a alterações frequentes devido a fatores como: mudanças do projeto, atraso na aquisição de material e atrasos nas atividades. Neste caso, a estrutura para gerar um modelo de otimização do arranjo do canteiro requer a disponibilidade de uma programação ou estrutura de divisão de trabalho para associar os recursos de produção com tarefas, que podem não estar sempre disponível na fase inicial de planejamento do projeto (HAMMAD *et al.*, 2015).

4.4 PLANEJAMENTO E CONTROLE DA PRODUÇÃO

Os estudos que se dedicaram ao PCP representam, até então, os principais embasamentos daqueles que procuram definir a concepção do PSP na construção civil. Não é de hoje que afirmam a importância dessa etapa na redução dos custos, no aumento da produtividade e qualidade final dos produtos, quando o foco do processo está voltado à diminuição da variabilidade dos fluxos de trabalho (LAUFER e TUCKER, 1987; BALLARD, 2000; BERNARDES, 2001).

O primeiro método de PCP embasado nos conceitos da construção enxuta é o *Last Planner System of Production Control* – LPS, conforme trabalho seminal de Ballard (2000). O LPS é metodologia para sistemas de produção puxados com seu foco voltado para a etapa de controle, onde é dada atenção específica às equipes de produção sobre as tarefas capazes de serem realizadas. Neste as tarefas devem ser iniciadas apenas quando todas as restrições (relacionadas a materiais, mão de obra, equipamentos, projeto, espaço, entre outros) forem removidas.

Para Ballard (2000) o escopo do PCP do sistema *last planner* está dividido em três níveis:

- ***planejamento de longo prazo (master planning)***: que estabelece alguns objetivos globais e restrições que dizem respeito ao empreendimento como um todo, tais como: o sequenciamento, a duração e o ritmo das grandes etapas da obra;
- ***planejamento de médio prazo (look-ahead planning)***: que conecta o planejamento de longo prazo ao planejamento de curto prazo com o controle dos fluxos de trabalho entre as unidades de produção (fluxo de projeto, suprimentos, instalações), através da identificação e remoção sistemática das restrições;
- ***planejamento de curto prazo (commitment planning)***: que atribui pacotes de trabalho às equipes e gerencia os compromissos com as mesmas.

As contribuições nacionais notórias sobre a estruturação, implantação e análise do desempenho do LPS vêm de esforços como os trabalhos de Bernardes (2001), Alves (2000), Akkari (2003), Coelho (2003) e Bulhões *et al.* (2003).

Embora a teoria do LPS já tenha evoluído com diversos exemplos de aplicações práticas, ainda há uma lacuna no que tange a melhoria das informações que alimentam os planos de produção (MACHADO, 2003). Neste contexto, a evolução destes estudos sobre o PCP culminou na idealização dos primeiros modelos de projeto do sistema de produção (como por exemplo, Schramm, 2004; Rodrigues, 2006).

Assim como o PCP do sistema Last Planner, o PSP tem foco no fluxo de trabalho, portanto, a sua interface com o PCP proporciona informações de entrada para a elaboração dos planejamentos de longo, médio e curto prazo (BONI *et al.*, 2014).

Frandsen *et al.* (2013) afirmam que o plano de longo prazo é a saída do projeto do sistema de produção. Sua formulação se baseia em estimativas e experiências anteriores, bem como em informações obtidas a partir daqueles que vão realmente fazer o trabalho, na descrição de formas alternativas de como fazê-lo e como podem preferir fazê-lo.

No caso do planejamento de longo prazo, o PSP oferece suporte no estabelecimento das datas marco (início e fim de grandes etapas da obra), dos aspectos ligados à estratégia de ataque, ritmo de produção, capacidade dos fornecedores, capacidade dos recursos de produção, dentre outros (ASSUMPÇÃO, 1996; BERNARDES, 2001; LEITE *et al.*, 2006).

Machado (2003) discute o conceito de antecipações no planejamento da produção e apresenta um modelo que visa à complementação do plano de produção através da inclusão de ações gerenciais comumente relegadas à informalidade.

Sua abordagem vai ao encontro das conclusões do trabalho de Rodrigues (2006) sobre a necessidade de revisão dos planos durante a etapa de execução, à medida que mais informações são disponibilizadas. Ou seja, a etapa de revisão do PSP se assemelha a sistematização de antecipações, por apoiarem as tomadas de decisões relativas à organização da produção e servirem como informações de entrada para PCP.

Ao passo que o tempo e a redução dos custos na indústria da construção vão se tornando cruciais para o sucesso dos seus empreendimentos, novas metodologias alternativas de planejamento e programação são sugeridas (YASSINE *et al.*, 2014).

Estudos recentes pretendem aprofundar as questões relacionadas aos princípios de fluxo contínuo, produção puxada, padronização e nivelamento da produção, já abordadas em técnicas como a linha de balaço (LOB) para obras repetitivas. A tentativa é reorganizar a estruturação trabalho e identificar uma estratégia de produção viável para maximizar o número de atividades produtivas realizadas com o uso contínuo de recursos (SEPPÄNEN *et al.*, 2010; FRANDSON *et al.*, 2013). Duas metodologias de gestão da produção foram desenvolvidas neste sentido: *Location-Based Management System* (LBMS) e *Takt-Time Planning* (TTP).

O *Location-Based Management System* (LBMS) é descrito por Kenley e Seppänen (2010) e trata-se de um Sistema de gestão baseado na

localização, que incluem lógica de camadas (*layered logic*) e adaptação de cálculos do método CPM para otimizar a programação criando um fluxo de trabalho contínuo. Já o *Takt-Time Planning* (TTP), originalmente descrito por Frandson *et al.* (2013), se propõe a desenvolver um sistema de gestão comprometida com o ritmo de produção que considera restrições pessoais de cada equipe e mantém um fluxo favorável de trabalho.

Para Kenley e Seppänen (2010), o LBMS é essencialmente um sistema técnico, que transforma quantidades em locais (lotes) e informações de produtividade em durações seguras através do uso buffers, além de prever o desempenho futuro com base em tendências históricas e indícios de futuros problemas de produção.

A transformação das quantidades em lotes cria o conceito *Location Breakdown Structure* (LBS) que é a readequação da Estrutura Analítica de Projetos (EAP) para cada unidade de produção, que pode ou não ser repetitiva ao longo do processo.

A formulação do plano baseado em localização necessita inicialmente das quantidades da unidade de produção escolhida (materiais e equipamentos) para o posterior dimensionamento de equipes de produção. As durações são calculadas multiplicando-se as quantidades em cada local por um fator de consumo de trabalho (homem-hora/unidade) e dividindo-se pelo tamanho da equipe idealizada (SEPPÄNEN *et al.*, 2010).

Enquanto que no LPS, o planejamento de longo prazo se limita as definições das datas-marco das principais atividades, no LBMS se gasta mais esforço na etapa de pré-planejamento, através da análise e otimização do plano-mestre. A estrutura LBS global do projeto é criada durante essa fase da programação e utiliza as taxas de produtividade disponíveis e quantidades para avaliar as taxas de produção necessárias (SEPPÄNEN *et al.*, 2015).

Associado a esse conceito do sistema LBMS, empreendimentos financiados pela CAIXA utilizam para controle e acompanhamento da obra entre os agentes fiscalizadores e gestores do processo, um documento denominado Planilha de Levantamento de Serviços - PLS (OLIVEIRA, 2010). Existe uma divisão dos serviços do orçamento em eventos, que transformam a forma de medição de contínua em uma medição discreta. Ou seja, em vez de se medir alvenaria em metros quadrados, o evento significa a conclusão de uma etapa definida por uma determinada região da obra (parte A, corredores, um pavimento completo, conjunto de apartamentos, entre outros).

Oliveira (2010) acrescenta que o processo de divisão dos serviços e criação de eventos deve ser coerente com o local e época de execução, em relação à unidade de medição adotada. Outra regra associada é que somente eventos completos contribuem para a evolução física a ser atestada pelo agente financeiro. Sendo assim, a utilização da PLS conduz o processo de conversação entre a execução e a fiscalização, além de ser responsável por aferir a evolução física da obra.

Quanto ao *Takt-Time Planning* (TTP), sabe-se que a palavra alemã “*Takt*” refere-se ao ritmo ou cadência, isto é, para a regularidade com que algo seja feito. Portanto, conforme Frandson *et al.* (2013), o tempo *Takt* é a unidade de tempo em que um produto tem que ser produzido (taxa de produção), a fim para coincidir com a velocidade a que esse produto é necessário (taxa de demanda).

Para este autor, o PSP na construção é inerentemente complexo, visto que uma equipe dinâmica de indivíduos tenta criar um produto único em um determinado período de tempo. Sendo assim, as questões: “Quão rápido pode fluir um determinado trabalho?” Ou “Quão rápido deve ser tal fluxo de trabalho, a fim de atender as especificações de prazo do projeto?”, devem embasar a elaboração sua elaboração.

Dessa forma, o objetivo do planejamento *takt-time* é ajudar a criar um ambiente mais estável para o LPS que traduza o planejamento de longo prazo, onde se projeta um plano para a produção por base, sempre que possível, no fluxo de trabalho contínuo das tarefas das equipes. Enquanto que o LPS fornece o mecanismo de controle e estabilidade do sistema de produção (FRANDSON *et al.*, 2014).

Yassine *et al.* (2014) mostram que através da metodologia criada para aplicação do TTP, pode-se reduzir a duração total do projeto e indicam a possibilidade de sua aplicação não só para obras de caráter repetitivo, mas para obras com características complexas. Como é o caso do trabalho apresentado por Fiallo e Howell (2012) que utilizam como exemplo uma obra de infraestrutura para indicar o *takt-time* como uma ferramenta de comunicação que traduz os objetivos do PSP.

Existem pesquisas recentes que comparam o uso dos três métodos descritos anteriormente e acreditam que os mesmos têm em comum atingir as metas enxutas de diminuir desperdícios, aumentar a produtividade e diminuir a variabilidade dos sistemas de produção da construção. Além disto, destacam a possibilidade do uso combinado na melhoria da eficiência dos sistemas de produção.

Seppänen *et al.* (2010) faz uma análise teórica, enquanto Seppänen *et al.* (2015) comprova a hipótese de complementariedade dos métodos LPS ao LBMS. Segundo as pesquisas, O LBMS é um sistema técnico,

orientado a dados para fornecer informações para tomada de decisão, enquanto que o LPS é um sistema de controle com foco na melhoria da execução de tarefas, que se concentra mais no processo social de melhoria contínua, no planejamento colaborativo e em melhorar a confiabilidade dos compromissos.

Frandsen *et al.* (2014) descrevem como é possível mesclar com êxito a estrutura rigorosa e mais pré-determinística do planejamento *takt-time* ao método interativo e ágil LPS. No geral, o TTP expande o LPS através da introdução de fluxo contínuo que atende a taxa de demanda do cliente, do trabalho mais padronizado, além da interação de todos envolvidos no entendimento da estratégia de produção, enquanto que o LPS possibilita para este o mecanismo para o controle, facilita o planejamento e adapta o fluxo contínuo onde não é possível o trabalho padronizado.

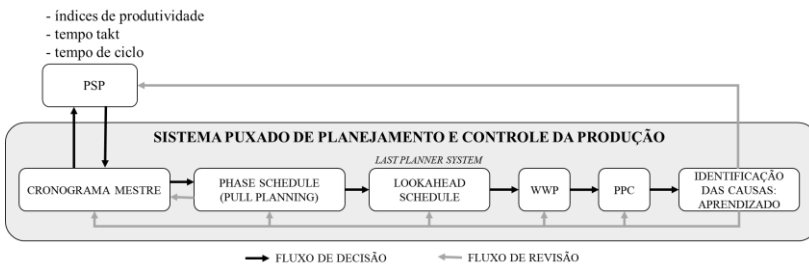
Seppänen (2014) e Frandsen *et al.* (2015) comparam os sistemas LBMS e TTP. Ambos os métodos apontam para fluxo contínuo de trabalho ditando o ritmo de produção para cada fase de trabalho, além de terem a habilidade de mudar a sequência lógica do trabalho a fim de melhorar o sistema de produção, especialmente quando é permitido pelas condições de contrato. As diferenças entre os mesmos são como cada método usa os buffers, o controle, e como os recursos são alocados.

No que diz respeito ao controle da programação, no LBMS as previsões e identificação dos problemas são deliberados de forma colaborativa entre a gerência e todos os envolvidos no processo (abordagem *top-down*) com atualizações frequentes das equipes para os gestores. Enquanto que no TTP, o controle é realizado inicialmente por meio de um trabalho visual para deixar claro para todos, quem e onde está sendo feito o trabalho, para concluir o que precisa ser executado no espaço e no tempo previsto.

Boni *et al.* (2014) realizam uma comparação teórica entre os métodos de PCP (LPS, LBMS e TTP) e o PSP com base nas métricas, parâmetros utilizados, suas principais características, diferenças e similaridades. Os autores concluem que o PSP é a base de entrada para elaboração dos métodos de PCP e para a sua maior eficiência se deve abordar os procedimentos estabelecidos pelos LPS, TTP e LBMS, tais como produtividade, sincronização e manutenção do ritmo de produção nas unidades-base.

A figura 7 mostra como provavelmente se pode conceber um sistema de PCP puxado elaborado a partir do plano mestre de produção, combinando o PSP com a primeira fase do LPS.

Figura 7 - Hipótese para promover um sistema puxado de PCP.



Fonte: Boni *et al.* (2014).

A Figura 7 pressupõe que durante a fase de formulação do PSP devem ser utilizados dados mais realísticos que embasem a programação mestre com intuito de criar um fluxo contínuo e sincronizado das operações para otimizar o tempo de ciclo de cada atividade e, por consequência, a duração total de projeto (BONI *et al.*, 2014).

Em virtude dos novos conceitos apresentados e de poucos estudos práticos existentes, os autores concluem que trabalhos futuros devem testar as hipóteses de integração que combinem as potencialidades das diferentes abordagens de planejamento a fim de agregar as vantagens de cada sistema e obter os parâmetros prioritários para o controle do sistema de produção.

4.4.1 Ferramentas Gráficas de Apoio ao PSP

Bulhões e Formoso (2004) indicam vários benefícios resultantes da introdução de ferramentas gráficas no PCP, principalmente no sentido de aumentar a sua transparência. Para os autores, a estabilização da produção se dá através do controle de ritmos dos principais processos, facilitado através da sistematização do PCP e do uso das ferramentas gráficas com escopo definido ainda na fase de estratégia de produção da obra.

Segundo Laufer e Tucker (1987), a representação básica do plano de longo prazo pode acontecer através da utilização de várias técnicas de planejamento e programação, tais como: os gráficos de Gantt, as redes *Program Evaluation and Review Technique* (PERT), *Critical Path Method* (CPM) e a linha de balanço (*Line of Balance* – LOB).

Os métodos de programação linear são mais adequados para projetos de natureza repetitiva (por exemplo, construções habitacionais),

como e o caso da Linha de Balanço, sendo esta uma metodologia de planejamento baseada em localização (*location-based*) como citado no tópico 4.4 (JONGELING e OLOFSSON, 2007; LUCKO *et al.*, 2013).

Maders (1987) conceitua a LOB como uma técnica de programação e controle de unidades repetitivas cuja relação clássica é tempo/atividade (semelhante ao diagrama de barras), onde o administrador tem condições de organizar o seu trabalho em obra não só em termos de quando, mas também em termos de onde e como.

Para Jongeling e Olofsson (2007), podem-se inferir importantes informações de um planejamento com LOB, tais como: a atividade que será executada; onde ocorre essa atividade; quando será executada; e, quem é o a equipe responsável pela execução.

Outro benefício importante da utilização da LOB é compensar a falta de transparência do plano de longo prazo, realizado pelo programa computacional *MSPProject* (BULHÕES e FORMOSO, 2004).

Na construção civil algumas pesquisas comprovam a eficiência e eficácia do uso da técnica da LOB através de aplicações práticas em canteiros de obras. A sua aplicação pode ser vista tanto em projetos habitacionais de caráter repetitivo (MADERS, 1987; MENDES JÚNIOR, 1999; BULHÕES *et al.*, 2003; SCHRAMM, 2004, BULHÕES e FORMOSO, 2004; KEMMER *et al.*, 2008), quanto obras industriais com características peculiares, que possuam uma unidade de repetição que justifique sua utilização (RODRIGUES, 2006; ANGELIM e HEINECK, 2010; CARNEIRO *et al.*, 2014).

Nesse contexto, a utilização da LOB, embora tivesse sido criada anteriormente, tem sido associada com a teoria da construção enxuta, especialmente como uma ferramenta para planejamento estratégico de obras (KEMMER *et al.*, 2008; LUCKO *et al.*, 2013; MOURA *et al.*, 2014).

Kemmer *et al.* (2008) discutem diversos cenários para o uso da LOB, enquanto Lucko *et al.* (2013) realizam uma revisão atualizada sobre a técnica e descrevem o seu potencial em apoiar a melhoria da produtividade. Por fim, Moura *et al.* (2014) ampliam a discussão teórica de Lucko *et al.* (2014) e discorrem sobre as aplicabilidades *Lean* no planejamento de obras por linha de balanço.

Há, portanto, um consenso a respeito dessa associação na visão do tempo de ciclo, simplificação das operações, redução da variabilidade, visão do fluxo de execução, redução do *lead time*, efeito aprendizado e integração entre os diferentes níveis de decisão do planejamento.

Diante deste cenário, que demonstra a importância do emprego da LOB para o planejamento de obras, bem como sua interface com a

construção enxuta, fica clara a sua aplicabilidade também na fase de elaboração do PSP (KEMMER *et al.*, 2008). Os trabalhos relacionados ao PSP até o momento são unânimes em apontar essa afirmação (SCHRAMM, 2004, RODRIGUES, 2006; SOUZA NETO, 2007; SCHRAMM, 2009; SANTOS *et al.*, 2012).

Além da utilização da linha de balanço, na qual são representados, em conjunto, todos os processos que compõem a execução das várias unidades-base do empreendimento, outras ferramentas gráficas podem auxiliar a etapa e desenvolvimento do PSP. Dentre as abordadas pelos modelos de PSP disponibilizados, tem-se: o diagrama de precedências, estratégia de ataque do empreendimento, diagrama de sincronia e a planilha de monitoramento da aderência ao PSP.

O diagrama de precedência das atividades permite visualizar as precedências de cada serviço e atividade. Além disso, pode verificar o grau de interdependência entre atividades e o número de níveis da produção, bem como de linhas de produção paralelas (SANTOS, 2003). Na elaboração do PSP, Schramm (2004) acredita que o mesmo permite uma melhor visualização dos diversos processos que compõem o sistema de produção do empreendimento, sua sequência e inter-relacionamentos.

A estratégia de ataque tem a função de difundir as sequências, trajetórias e ordens de ataque das equipes de produção definidas para a produção. A criação do esboço utiliza como base a planta baixa do empreendimento, números e/ou setas que indicam a sequência de fluxos de materiais e mão-de-obra dentro do canteiro. Rodrigues (2006) acredita que essa ferramenta facilita a compreensão do funcionamento do sistema de produção pelos fornecedores, funcionários e engenheiro da obra durante a sua etapa de controle.

Schramm (2004) acrescenta a necessidade de estudos específicos com relação à sincronização entre alguns processos, tais como processos críticos do sistema de produção, cuja sincronia é importante para a manutenção do fluxo contínuo e a manutenção do prazo final de execução. Para isto sugere o uso da ferramenta diagrama de sincronia, que consiste em um gráfico de Gantt no qual as linhas relacionam-se ao local em que uma atividade é desenvolvida e as colunas ao momento em que estas serão executadas.

No estudo realizado por Rodrigues (2006) além da linha de balanço e das ferramentas apresentadas por Schramm (2004), a autora demonstrou a necessidade de outras ferramentas de visualização para tornar as decisões mais transparentes para envolvidos na elaboração do PSP, tais como:

- a) ***tabela de dimensionamento da capacidade de recursos***: serve como base para o estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento e dissemina informações sobre a sequência em que os processos serão executados; o lote de produção; o número de funcionários envolvidos; os equipamentos a serem utilizados e os processos precedentes;
- b) ***lista de verificação das atividades***: esta ferramenta envolve a participação dos principais fornecedores e responsáveis pelo execução dos processos críticos para auxiliar a identificação e consequentemente a remoção das restrições que ainda não tenham sido identificadas. Propõe-se entregar aos envolvidos no mínimo 15 dias antes do início da realização do processo para seu preenchimento e discussão;
- c) ***placas de identificação***: para facilitar a identificação dos módulos de trabalho e a localização das equipes nos locais planejados.

Para Rodrigues (2006) as ferramentas não devem se restringir ao entendimento apenas da gerência da obra, estas podem ser disponibilizadas, e forma de *kits*, nas reuniões de médio ou curto prazo, em que os fornecedores envolvidos estarão presentes. Além disso, também devem ser expostas na sala de reuniões e no canteiro da obra, com o objetivo de aumentar a transparência do PSP.

Schramm (2009) sugere o uso de outra ferramenta gráfica em seus estudos de caso, a planilha de monitoramento da aderência ao PSP. Através desta, a equipe de planejamento monitora o ritmo de produção através da consulta das datas de início de um determinado processo por unidade habitacional e do avanço físico deste processo a partir das suas datas de conclusão. Além disso, visualiza a sequência da trajetória definida no plano de ataque do empreendimento para os lotes de produção.

Por fim, mesmo com as contribuições dos estudos a respeito do PSP, ainda existe uma lacuna na definição das ferramentas ideais para o acompanhamento do PSP. Souza Neto (2007) conclui que ainda é necessário um estudo específico para definir e sistematizar as ferramentas que devem auxiliar o PSP em obras de construção civil.

A seguir será descrito como projetos para produção podem dar suporte aos sistemas produtivos, inclusive com o uso de outras ferramentas gráficas amplamente difundidas no setor da Construção e arquitetura.

4.5 PROJETO PARA PRODUÇÃO

É cada vez mais crescente o número de pesquisas que buscam desenvolver os processos construtivos através de estudos na etapa de projeto. O desenvolvimento de projetos voltados à produção cumpre a função de subsidiar informações de conteúdo tecnológico que esclarecem o emprego dos recursos, a programação e o desempenho das tarefas (FABRICIO e MELHADO, 1998).

Em um estudo anterior, Melhado e Fabricio (1998) apresentam dois conceitos complementares e intimamente relacionados à importância da antecipação na etapa do projeto dos processos: o projeto da produção e o projeto para a produção. O primeiro diz respeito ao estabelecimento das estratégias gerais da produção, normas de procedimentos, metas e controles de execução para cada tipo de processo construtivo, ou seja, propriamente o conceito do PSP. Enquanto que, o projeto para produção dá atenção à melhoria de desempenho das etapas críticas da obra, onde através projetos específicos se definem as sequências e métodos de execução dessas tarefas.

O desenvolvimento em conjunto dos projetos do produto e dos projetos para produção integram as soluções de produto com alternativas para produção no alcance da otimização global do empreendimento (FABRICIO e MELHADO, 1998; LEITE *et al.*, 2006).

Mesmo sabendo a importância de cada um dos subsistemas que compõem a obra e da sua necessidade de detalhamento, existem alguns processos que merecem mais destaques, por limitar a produção como todo, utilizar recursos compartilhados ou possuir grande interferência com outros processos (BULHÕES e FORMOSO, 2004).

Esses processos são chamados de processos críticos, pois representam os gargalos do sistema de produção, ou seja, cujas capacidades individuais limitam (gargalos) ou podem vir a limitar (processos com restrição de capacidade) a capacidade de produção do sistema como um todo (SCHRAMM, 2009).

Dentre os processos críticos existentes em subsistemas de uma obra, o mais citado na literatura é a etapa de vedações verticais em alvenaria. Esta etapa é talvez aquela que mais sofre interferência das demais, o que a torna um agente com capacidade de alavancar benefícios, já que as ações sobre esta atividade necessariamente resultam em modificações nas demais (CORRÊA e ANDERY, 2006).

Existe hoje um enorme esforço de pesquisas voltadas a descrever, detalhar e aprimorar esse processo através de projetos para a produção de vedações verticais (PPVV) em alvenaria (como por exemplo, Dueñas e

Franco, 2006; Corrêa e Andery, 2006; Silva *et al.*, 2008; Pinho *et al.*, 2013).

Segundo Corrêa e Andery (2006), o PPVV em alvenaria tem a função de antecipar as decisões necessárias à execução das paredes, verificar e equacionar suas interferências com outras partes da obra e definir o processo de produção e a qualidade do produto final. Como exemplo, pode-se citar: identificação dos blocos a serem cortados para ajuste à modulação, ligação alvenaria-estrutura, relação alvenaria-esquadria com seus elementos estruturais e alvenaria-instalação, definição de detalhes construtivos e especificações de materiais, componentes e técnicas construtivas.

Diante da necessidade de racionalizar cada vez mais os processos produtivos e alcançar metas relativas a prazos, custos e qualidade das edificações, construtoras de excelência no mercado estão sendo induzidas a utilizar princípios de engenharia simultânea (ES) e projeto simultâneo (CORRÊA e ANDERY, 2007).

O conceito da engenharia simultânea é vinculado à integração entre a etapa de projeto e a produção por meio do trabalho, em conjunto, de projetistas, construtores e fornecedores, para antecipar conflitos, disseminar informações aos responsáveis para viabilizar a exequibilidade do projeto e melhorar os dados para desenvolver projetos futuros. Estas ações permite alcançar não apenas a qualidade do produto, mas inclusive a qualidade do processo (SANTOS 2003).

Segundo Kamara *et al.* (1997) *apud* Santos (2003), alguns pontos chave podem ser melhorados na indústria da construção com a adoção da ES: (a) a integração dos processos de projeto e produção; (b) o desenvolvimento simultâneo do processo de projeto considerando questões de fabricação, construção e montagem; (c) a melhoria da comunicação entre as equipes de projeto e produção; (d) a adaptação eficaz de novas tecnologias; (e) a satisfação dos clientes internos e finais, e; (f) a integração de questões de qualidade, custo, segurança, desempenho e entrega do empreendimento.

Neste sentido, Corrêa e Andery (2007) identificam características de projeto de manufatura relacionadas aos PPVV em alvenaria, como é o caso de conceitos do DFX (*design for excellence*), por estarem essencialmente ligadas ao conceito de construtibilidade.

O DFX é uma importante ferramenta da engenharia simultânea que racionalizam o produto e o processo através da simplificação de procedimentos de execução e montagem, redução da sua variabilidade, consequente redução de custos e aumento da qualidade, sendo inclusive facilmente assimilados pelos seus usuários (CORRÊA e ANDERY,

2007). Para o DFX deve-se projetar com o pensamento na sua produção desde o primeiro momento (*right first-time for production*), para que problemas potenciais de produção sejam solucionados ainda nas primeiras fases do projeto.

Além de grandes esforços da literatura em detalhar a etapa de execução da alvenaria, projetos para produção também foram estudados em outros subsistemas da construção, como por exemplo: Souza e Melhado (1998) para lajes racionalizadas de concreto armado; Aquino *et al.* (2008) para revestimentos cerâmicos de fachada; Chalita e Souza (2010) para o serviço de contrapiso; Lima *et al.* (2014) para sistema de cobertura.

Existem ainda muitos entraves sobre a integração dos projetos do produto e projetos para a produção no auxílio às metas do empreendimento. A análise de como as incompatibilidades se manifestam e quais mecanismos podem ser propostos para sua redução podem propiciar um impacto positivo na implementação dos projetos de produção dos canteiros de obras (CORRÊA e ANDERY, 2006). O mercado tem utilizado a tecnologia BIM, como exposto no tópico 4.2, para trabalhar de forma eficiente essas análises.

Mesmo com todos os benefícios advindos da aplicação do BIM, sabe-se que a representação gráfica do projeto nem sempre consegue transmitir a complexidade construtiva das soluções desejadas, mesmo com uso de ferramentas tridimensionais. Existem alguns detalhes de projeto e dos processos que os envolvidos na execução da obra não conseguem visualizar.

Estudos tem dedicado atenção ao uso de prototipagem para embasar a etapa de projeto para produção. A prototipagem pode ser: física, através do uso de maquetes, *mock-up* e protótipo; digital, quando realizada através de representação gráfica do empreendimento, por meio de modelos digitais produzidos por programas computacionais (SAVIGNON *et al.*, 2012); e de processos (HOWELL e BALLARD, 1999; SAFFARO *et al.*, 2006).

4.6 INTEGRAÇÃO VERTICAL

Na indústria da construção civil, as empresas construtoras buscam cada vez mais preservar as suas competências centrais e delegar as demais atividades para outros agentes como forma de alcançar maior vantagem competitiva (BIESEK *et al.*, 2008).

A principal razão está no fato desta indústria ser caracterizada como frágil por possuir demanda irregular ou cíclica, baixa lucratividade,

rápidas mudanças de estratégia da concorrência e vantagens tecnológicas do setor que criam vantagens de custo entre os concorrentes (HARRIGAN, 1983 *apud* KRIPPAEHNE *et al.*, 1992).

Segundo Krippaehne *et al.* (1992), para escolher entre integrar ou não integrar atividades, ou seja, realizar os processos por equipes próprias ou subcontratadas deve-se considerar na escolha dessa decisão as mudanças de tecnologia, o excesso de capacidade e a flexibilidade estratégica da empresa em resposta às condições de mercado.

A grande questão é que as construtoras que optam pela terceirização, têm suas maiores preocupações no momento da contratação associadas aos custos dos serviços e rapidez na negociação, porém elas não costumam detalhar seus custos e nem planejar suas contratações (BEATRICE, 2011).

Biesek *et al.* (2008) propõem diretrizes para melhorar a gestão de subempreiteiros com base na avaliação de seu desempenho. Em sua avaliação os autores acreditam ser importante a definição, com base na sua estratégia, de quais são os fornecedores chaves com os quais pretende promover uma maior integração.

Além dos procedimentos sugeridos por esses autores sobre a rigorosidade de critérios na pré-qualificação de fornecedores, Magalhães e Melo (2015) sugerem também para a melhoria da gestão de subempreiteiros: a redução na quantidade de fornecedores cadastrados, mudanças na modalidade de contratação, medição e pagamento, e o desenvolvimento de parcerias de longo prazo.

A importância do envolvimento dos subcontratados é cada vez mais presente também nos estudos sobre os métodos de planejamento (LPS, LBMS e TTL) e na realização dos planos para a obra. Seu envolvimento ajuda remover as necessidades de recursos e gargalos dos seus processos produtivos, bem com, identificar tarefas necessárias, mas que ainda não foram identificadas nos planos (SEPPÄNEN *et al.*, 2010).

Para Frandson *et al.* (2013), no desenvolvimento de uma programação para a produção é essencial escutar atentamente todos que realizam o trabalho a fim de ajustar as alternativas de planos individuais e comprometer todos nas metas de planejamento do projeto.

Schramm (2009) verificou em seus estudos a importância de envolver os principais subempreiteiros e fornecedores no processo de elaboração do PSP, a fim de discutir e avaliar a exequibilidade de decisões de forma conectada. Estes auxiliaram nas definições relativas à precedência das atividades, ao dimensionamento das equipes de produção, ao dimensionamento dos lotes de produção e transferência e dos tempos de ciclo.

Para Alves (2000), os responsáveis pela mão-de-obra subempregada devem participar das reuniões para, dentre o que foi abordado, planejar a disposição dos elementos no posto de trabalho de forma a evitar perdas nos fluxos físicos, tais como: transporte por longas distâncias, movimentações desnecessárias, esperas, entre outras.

Historicamente, a indústria da construção tem focado amplamente em otimizar os processos de gerenciamento de projetos por meio do planejamento dos seus componentes técnicos (tarefas e recursos). No entanto, falta ainda desenvolver a capacidade dos participantes do projeto em desenvolver de forma eficaz uma equipe de alto desempenho (CHINOWSKY *et al.*, 2008).

Para sanar essa deficiência, os autores criam a ideia de um modelo de rede social para construção civil através da integração de conceitos das ciências sociais e engenharia. O intuito é reconhecer o papel fundamental dos indivíduos dentro de redes de projetos, que inclui a comunicação e confiança, base para atingir um alto desempenho resultados.

Por rede social, entende-se que esta engloba relações entre as pessoas ou organizações que:

"... pode ser formal ou informal, com duração ou transitória, outorgada ou alcançada, simétrica ou assimétrica, profunda ou superficial, consciente ou inconsciente..." (FREEMAN *et al.*, 1989, p. 15 *apud* PRIVEN e SACKS, 2016).

No entanto, ainda há uma falta geral de entusiasmo entre os contratantes e seus subcontratados em adotar processos de colaboração no âmbito dos projetos tradicionais de construção (AKINTAN e MORLEDGE, 2013).

Segundo estes autores, as principais causas dessa falta de cooperação consistem na falta de confiança sobre competência gerencial dos subcontratantes; no pagamento atrasado ao subcontratado; na falta de apoio na preparação dos planos; na exclusão dos processos de tomada de decisão; na inclusão de duras cláusulas contratuais em acordos por parte dos contratantes principais; e, na tendência de transferir enormes riscos do projeto aos subcontratantes.

Apesar dessa realidade, os autores defendem que estes problemas não são insuperáveis. A utilização de uma estratégia de contratação por base na entrega do projeto integrado (IPD) e das ideologias do LPS prova que a colaboração é realizável, mesmo sendo necessárias novas pesquisas que comprovem essa viabilidade.

Como exemplo de avanços que confirmam essa relação de viabilidade Priven e Sacks (2016), criam o subcontrato social (SSub) para

o fortalecimento das redes sociais na construção civil. Os autores acreditam que a utilização do SSub atrelado ao LPS é uma importante ferramenta para melhoria dos fluxos de trabalho em obra. A ideia do SSub é melhorar a comunicação, o respeito mútuo, e comportamento colaborativo entre os subcontratados e o empreiteiro geral.

Na construção civil, a estratégia de integração vertical também tem sido considerada em seus processos construtivos com a possibilidade de implantação de unidades de pré-fabricação no canteiro ou fora deste (pré-fabricação e modularização), formulados durante a elaboração do projeto do produto e do PSP (LEITE *et al.*, 2006).

Para Lennartsson *et al.* (2009), as atividades de construção possuem muitos componentes diferentes e os serviços dos subcontratados levam dificuldades na etapa de controle de produção. Os autores acreditam que a modularização recebeu até agora pouca atenção pelos estudos de construção enxuta e apresentam na sua pesquisa como esta pode fornecer pré-requisitos para controle de produção a partir do PSP.

Para estes autores, a modularização deve ser aplicada no início do processo de construção através da interface entre produto, processos e cadeia de suprimento para reduzir a variabilidade durante a produção. Falhas dessas interfaces podem ser observadas em exemplos tais como: o alto risco de erros nas conexões da tubulação (interface de produto); quando desenhos não confirmados são repassados aos subcontratantes (interface de processos); quando outros subcontratantes são contratados de um projeto para outro (interface da cadeia de suprimentos).

Howell e Lichtig (2008) asseguram que ao tomar projetos de construção como sistemas de produção abre a possibilidade de mudar a estrutura do trabalho, tanto na concepção quanto na construção (quem faz o quê, quando, onde e como). No processo de construção, o PSP juntamente com uma coordenação impecável utilizam a modularização, a fabricação fora do local e a composição de várias relações de trabalho com o objetivo de melhorar o desempenho global do sistema.

4.7 SISTEMA DE SUPRIMENTOS

Em virtude da baixa produtividade, características transitórias e não seriadas da produção, empresas de construção têm mudado os métodos de gestão da cadeia de suprimentos se tornando cada vez mais dependentes de outros intervenientes da cadeia produtiva da construção, como por exemplo, fornecedores e subcontratados (ISATTO, 2005; VRIJHOEF e KOSKELA, 2000).

No Brasil, a forma tradicional de gestão tem resultado em muitos problemas na fase de construção, tais como: retrabalhos, problemas construtibilidade e atrasos causados por projetos incompletos ou por falta compatibilidade. (VILLAGARCIA e CARDOSO, 1999).

Segundo Isatto (2005), no que se refere à sua gestão, a cadeia de suprimentos da construção possui um caráter essencialmente dinâmico. Deve-se considerar este sistema como uma rede de empresas, movidas por um propósito comum, que permita acomodar múltiplas ligações entre cliente-fornecedor sob cada um dos três fluxos identificados (o fluxo da produção, o fluxo de informações e o fluxo econômico).

Almejando compreender a estrutura e o funcionamento da gestão da cadeia de suprimentos na construção civil e sua interação com o canteiro de obras, Vrijhoef e Koskela (2000) propõem um modelo sob quatro focos principais:

- ***interação entre o canteiro de obras e seus fornecedores***: que permita o fluxo contínuo de materiais e mão-de-obra para evitar a interrupção no fluxo de trabalho. A pesquisa sugere o LPS como um método adequado para alcançar esse objetivo.
- ***cadeia que fornece suprimentos ao canteiro de obras***: aplica-se a cadeia de suprimentos em si e tem como meta reduzir os custos logísticos, o tempo de fornecimento (lead time) e os estoques da cadeia.
- ***transferência de atividades do canteiro para outras localidades***: seja por falta de estrutura no local de trabalho, para tirar proveito de ambientes com melhores condições de controle de qualidade ou para alcançar maior concorrência.
- ***gerenciamento integrado da cadeia de suprimentos com o canteiro de obras***: com objetivo de melhorar o desempenho global da cadeia de suprimentos por meio da colaboração de todos os participantes da cadeia: fornecedores, empresas construtoras, empreiteiros e clientes.

Villagarcia e Cardoso (1999) discutem quatro fatores que podem ser identificados para melhorar o desempenho da cadeia de suprimentos na construção: projetos enxutos, confiabilidade do sistema, coordenação de fornecedores e desenvolvimento de fornecedores. Estes pontos auxiliam a gestão por permitir tempos de resposta mais rápidos, menor desperdício, reduz estoques, informações mais eficazes.

A pesquisa de Arbulu e Ballard (2004) apresenta como um projeto pode possuir um sistema de abastecimento enxuto. A filosofia *lean* trabalha uma estratégia que reduz a variabilidade da demanda através da

estabilização do fluxo de trabalho no local, o que exige uma visão holística que inclui não apenas uma visão da cadeia de abastecimento e aquisição de fornecedores por menor custo, mas também uma visão multiprojeto ajustada ainda no início do processo de produção. Os autores complementam que para adotar esse ponto de vista, necessita-se criar um ambiente diferente, onde os proprietários, construtoras e fornecedores de matérias façam negócios com base na confiança e respeito mútuos.

Sendo assim, as informações geradas na formulação do PSP e do plano de longo prazo podem estabelecer a criação de contratos de longo prazo com os fornecedores dos principais materiais e serviços, em função das demandas mensais geradas a partir do estudo dos fluxos de trabalho do empreendimento (LEITE *et al.*, 2006).

De acordo com o exposto, o ponto chave para a estabilização do fluxo de trabalho é a logística. Para Silva e Cardoso (1998), a logística aplicável às empresas construtoras pode ser classificada quanto ao seu alcance, em logística de suprimentos (externa) e logística de canteiro (interna). A primeira refere-se à provisão dos recursos materiais e humanos, necessários à produção dos edifícios, tais como a) o planejamento e processamento das aquisições; b) as interfaces com os fornecedores; c) o transporte dos recursos até a obra; d) a manutenção dos recursos materiais previstos no planejamento.

Hamzeh *et al.* (2007) consideram a logística como a “espinha dorsal” da gestão da cadeia de suprimentos, pois faz com que metas sejam possíveis através da movimentação eficiente de materiais, serviços, recursos e informação para cima e para baixo da cadeia de fornecimento.

Estes autores indicam a utilização de centros de logística como um componente que pode combinar a estratégia global e local da cadeia de suprimentos da construção, oferecendo vantagem considerável ao abordar os desafios impostos pela variação da oferta e procura de materiais, equipamentos e serviços.

Os centros de logística podem desempenhar um papel fundamental no desenvolvimento de redes enxutas com empresas de fornecimento, empresas de expedição, locais de construção, e outros prestadores de serviços logísticos, oferecendo serviços, tais como: armazenamento, transporte, distribuição, montagem de *kits*, classificação, fracionamento de carga, *cross-docking* e *e-commerce* (HAMZEH *et al.*, 2007).

Por fim, avanços na área da cadeia de suprimentos chegam às discussões sobre os potenciais benefícios do BIM para a sua gestão (AZAMBUJA *et al.*, 2012). Os autores utilizam o modelo de Vrijhoef e Koskela (2000) para essa investigação e concluem sobre a importância da integração entre fornecedores e subempreiteiros nas fases iniciais de

projetos de construção para o alcance das vantagens oferecidas por essa tecnologia.

4.8 SISTEMA DE GESTÃO DA QUALIDADE

Mesmo com a disponibilidade de diversos modelos para gerir sistemas da qualidade na construção civil (como por exemplo, Picchi e Agopyan, 1993; Souza e Abiko, 1997; Alves, 2001) e do atual contexto de visão moderna baseada em medidas preventivas e enfoque sistêmico (normas série ISO 9000 e Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat – PBQP-H), ainda é comum a presença de problemas construtivos nos empreendimentos.

Sullivan (2011), após uma análise de programas de gestão de qualidade na indústria da construção, acrescenta que embora os princípios subjacentes dos clássicos programas de gestão de qualidade, tais como Gestão da Qualidade Total (*Total Quality Management - TQM*), produção enxuta e seis sigma, sejam relevantes para todos os mercados, seus processos e métodos de aplicação podem ser inapropriados para uma indústria que distribui produtos ou serviços altamente diversificados e integrados, como a construção.

Este fato demonstra quem na maioria das vezes programas de certificação são inapropriados para garantia da qualidade dos produtos. A grande questão envolvida neste caso é a burocratização do processo atrelada à utilização demasiada de documentos e a falta de envolvimento com o processo de planejamento e controle propriamente dito (MAROSSZEKY *et al.*, 2002; MISFELDT e BONKE, 2004).

Em contra partida a crítica sobre a burocracia dos SGQ, Fireman *et al.* (2012) salienta que a falta de qualidade nos processos de construção é consequência de um conjunto de desperdícios, principalmente ligados ao trabalho informal, causados pela improvisação. Dentre estes desperdícios os autores citam que o retrabalho e os pacotes de trabalho incompletos não são formalmente planejados e limitam a implementação de controles sistemáticos de qualidade.

A relação entre a falta de qualidade e o trabalho informal também está correlacionada com a maior probabilidade da ocorrência de acidentes em canteiros de obra. Wanberg *et al.* (2013) realizam uma análise por base em dados empíricos e sugerem que a taxa de acidentes é positivamente correlacionada com retrabalho e o número de defeitos. Os autores concluem estratégias de gestão tais como, atenção para um planejamento prévio, a estimativa eficaz das tarefas, o incentivo a

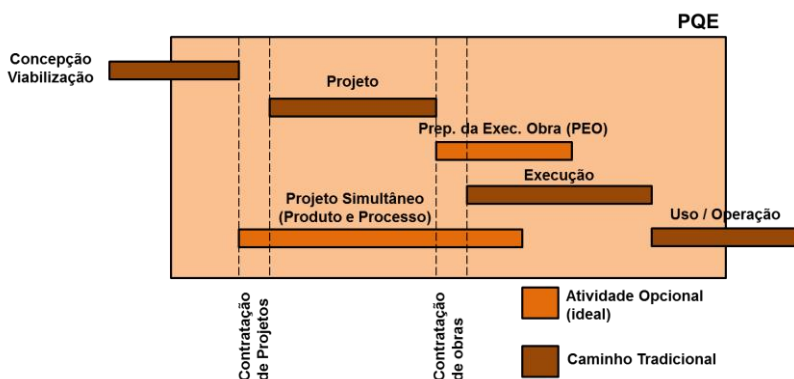
liderança, a responsabilidade e satisfação dos trabalhadores podem melhorar conjuntamente a segurança e o desempenho de qualidade.

Neste sentido, Sukster (2006) apresenta diretrizes para integração entre o sistema de gestão da qualidade e o PCP na construção civil. Dentre as principais medidas para essa integração o autor destaca a necessidade de reuniões periódicas, o uso dos procedimentos da qualidade na elaboração dos planos, a utilização de indicadores que avaliem ambos os sistemas em conjunto e a criação de mecanismos que melhore a integração entre os envolvidos no processo de produção.

Para Santos (2003), os sistemas de gestão da qualidade são voltados principalmente às organizações internas da empresa e seu posicionamento perante o mercado, como descrito por seus manuais de qualidade (MQ). Na década anterior, Picchi e Agopyan (1993) já abordavam a necessidade de equilibrar o enfoque técnico (orientado para processos de gerenciamento e procedimentos de controle) e o organizacional (relacionado à política de qualidade total da empresa).

Neste contexto, Santos (2003) propõe um conjunto de diretrizes para a elaboração do plano da qualidade voltado ao canteiro de obra que permite a flexibilidade no controle dos processos. Por nome de Plano de Qualidade do Empreendimento (PQE), seu princípio envolve as premissas estabelecidas no SGQ e as particularidades da obra. A aplicação do PQE abrange desde as primeiras fases de concepção e estudos de viabilidade até a etapa final de uso e operação (Figura 8).

Figura 8 - Processo de elaboração do plano de qualidade da obra.



Fonte: Santos (2003).

Na figura indica duas atividades auxiliares como opções ideais para melhorar a condução do empreendimento. A primeira é o emprego do conceito de projeto simultâneo, já abordado no tópico 4.4, que otimiza as concepções em relação ao produto e ao processo. A segunda trata dos conceitos da PEO (Preparação da Execução de Obras), propriamente o conceito de PSP, para que soluções sejam estudadas e planejadas antes da fase de execução.

Este fornece informações que influenciem a escolha das soluções técnicas, organizam a produção e reduzem a quantidade de conflitos por meio de procedimentos para o controle de projetos, a qualidade dos materiais, a execução da obra, a manutenção de tecnologias envolvidas e a gestão dos recursos humanos (SOUZA e ABIKO, 1997; ALVES, 2001).

Para Santos (2003), a empresa responsável pelo empreendimento deve entender que o PQE é uma oportunidade para potencializar os ganhos com qualidade desde as fases primárias de concepção do empreendimento, ou seja, associa os aspectos do sistema da qualidade à fase de PSP.

As medidas para organização da produção também são tratadas em estudos que utilizam a sistemática do programa 5S na construção civil como base para seus sistemas de qualidade. Os cinco sentidos (utilidade, organização, limpeza, saúde e autodisciplina) estruturam o ambiente de trabalho por favorecerem sua eficiência, melhores condições de trabalho e eliminação de desperdícios. Como consequência, obtêm-se maior segurança, qualidade e produtividade (GONZALEZ, 2002).

O autor implanta o programa 5S em um canteiro de obra em conjunto com a etapa de PCP a avalia os impactos financeiros dessa adoção. Mesmo com a obtenção de resultados positivos, constatou que suas contribuições são pontuais e que bons resultados com a implantação só é sentida a médio e longo prazo devido à mudança cultural envolvida no processo.

Pesquisas recentes também tratam da integração dos conceitos da *Lean Construction* ao SGQ. A grande preocupação é fugir do pensamento tradicional burocrático para o desenvolvimento de ferramentas embasadas no LPS de controle de qualidade sob o ponto de vista do processo, da capacitação e motivação (MAROSSZEKY *et al.*, 2002).

Inspirados nas ideias iniciais apresentadas por Marosszky *et al.* (2002), a pesquisa de Misfeldt e Bonke (2004) desenvolve um sistema de controle da qualidade coerente com a construção enxuta (*TrimByg-QC*) que destaca o envolvimento dos recursos humanos no processo de qualidade dos serviços.

TrimByg é um termo dinamarquês que se refere à *Lean Construction*. Para o caso do sistema da qualidade em questão, acredita-se que quando uma grande parte do controle de qualidade é executada pelos trabalhadores diretamente envolvidos no posto de trabalho, sua noção geral de qualidade é aumentada e os defeitos encontrados são corrigidos mais rapidamente do que pelo controle de qualidade tradicional, resultando em um menor custo da gestão da produção (MISFELDT e BONKE, 2004).

Em uma linha de pesquisa recente, Ibarra e Formoso (2015) afirmam que os métodos hoje utilizados tanto para o controle produtivo quanto para o de qualidade, ainda se baseiam em aprovações manuais, analisadas por critérios subjetivos.

Motivados por essa deficiência, os autores iniciam o desenvolvimento de um modelo integrado para esses controles com a interface visual do projeto executivo. Segundo os autores, o modelo permitirá o registro e controle dos pacotes de trabalho de acordo com o LPS, assim como o controle de qualidade deles, vinculando-os com a sua localização real no canteiro por meio da visualização do modelo 3D BIM da obra.

Apesar do esforço acadêmico, a implementação de sistemas de qualidade eficazes na construção civil ainda será uma barreira de difícil transposição. As inovações tecnológicas em TI ainda estão em fase de desenvolvimento e difusão, ao mesmo tempo em que estudos verificam a necessidade crescente da cooperação entre equipes de produção e gerência da obra para garantia da qualidade.

A lacuna a ser vencida se trata da capacitação da mão-de-obra existente no canteiro de obras para absorver tantas mudanças impostas pela modernização da área. Sendo assim, acredita-se que o desenvolvimento dos recursos humanos é o ponto chave para o sucesso das ações voltas para melhoria da qualidade e produtividade.

4.9 GESTÃO DOS RECURSOS HUMANOS

A pressão para que empresas acompanhem as mudanças no mercado, não é um fenômeno novo na indústria da construção. Mudanças ocorrem constantemente na economia dos processos, nas tecnologias de construção, nos requisitos e preço que o cliente está disposto a pagar, na concorrência e mais recentemente nas questões ambientais da construção (MALONEY, 1997).

Segundo Maloney (1997), a grande questão é que, atualmente, a velocidade e o impacto que essas mudanças vêm causando na construção

exige uma maior atenção ao planejamento estratégico. Em particular, à Gestão de Recursos Humanos (GRH), uma vez que essa é a decisão menos formalizada e geralmente estruturada sob a forma de melhoria dos processos, com poucos recursos disponíveis em nível de projeto para a formação contínua e desenvolvimento da mão-de-obra (GREEN, 2000; BRANDENBURG *et al.*, 2006; PAVEZ e ALARCÓN, 2006).

Brandenburg *et al.* (2006) descreve a abordagem para a estratégia de GRH em dois níveis. O primeiro é planejado para gerir eficientemente a mão-de-obra existente em um curto intervalo de tempo, independentemente do seu nível de habilidade. A ênfase está na organização, comunicação e utilização da gestão da força de trabalho em campo.

O segundo nível é revolucionário e orientado para o futuro, projetado para melhorar as competências e a produtividade dos trabalhadores, criando uma situação em que o valor dos trabalhadores é aumentado. Este utiliza trabalhadores com algumas habilidades de gestão e responsabilidades, equipes de trabalho de alto desempenho e maior utilização de TI (BRANDENBURG *et al.*, 2006).

Para Green (2000), ao passo que a construção enxuta reúne atualmente as melhores práticas de gestão, ainda destina-se uma preocupação generalizada a respeito da GRH. Para o autor, ainda é baixo o investimento em capacitação no ambiente da construção, a filosofia da GRH faz pouco para atrair os jovens inteligentes e criativos que a indústria precisa atualmente.

Pavez e Alarcón (2006) ampliam o foco centrado no processo que aborde questões organizacionais e humanas e propõem a criação de um perfil profissional para construção enxuta que apoia empresas construtoras na implementação da filosofia *Lean*. Cinco áreas de competência e conhecimento auxiliam o desenvolvimento do perfil: (1) a visão da empresa, (2) a visão enxuta, (3) técnica capacidade, (4) a capacidade de gestão e (5) a competência social.

Segundo os autores, o grupo formado pelas áreas (1) e (2) deseja que as pessoas que trabalham na perspectiva de construção enxuta pensem e hajam de acordo com os novos paradigmas, de acordo com a visão e o objetivo organizacional. Já o grupo (3), (4) e (5) indicam as capacidades ou competências que as pessoas precisam para realizar seu trabalho de forma eficaz, tendo em conta as exigências atuais e melhores práticas que envolvem trabalhos de construção.

Em uma visão mais particular, Holand *et al.* (2002) destacam alguns pontos que, incrementados às decisões estratégicas, motivam os recursos humanos e organizam sua gestão, tais como: a criação de planos

de carreira, convênio com entidades, assistência ao desenvolvimento de programas sobre saúde e educação, criação de informativos, premiações para alcance de metas e treinamentos internos rotineiros.

Para Schöttle e Gehbauer (2012), estes pontos estão voltados ao funcionamento de um sistema de incentivos, definido como sendo a soma da utilização de todos os incentivos monetários e não monetários que promovem a colaboração entre as diferentes partes da construção para atingir o objetivo de um projeto. Este deve ser concebido a partir das circunstâncias e estrutura organizacional de um empreendimento e exige de qualquer um dos trabalhadores o cumprimento de aspectos do contrato e das condições ambientais para fomentar a colaboração e sua motivação.

Como se pode observar, o foco da GRH, em grande parte, gira em torno de aspectos de domínio sobre a relação de trabalho, tais como recrutamento, remuneração, condições de trabalho, treinamento e desenvolvimento. Mais recentemente, há um movimento no sentido do reconhecimento da GRH como um facilitador para atingir as metas de sustentabilidade na indústria da construção (SIEW, 2014).

Por fim, sabe-se que a alta rotatividade presente na construção civil e as oscilações de mercado podem ser consideradas como grandes obstáculos na implantação de programas de capacitação de profissionais. Atrelada a essa condição, as altas cargas tributárias e a escassez de obras de grande porte não viabilizam a manutenção de grupos de trabalhadores por mais tempo nas empresas construtoras (FERREIRA FILHO, 2005).

4.10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente capítulo abordou evidências em diversas áreas do conhecimento sobre gestão da produção na construção civil que levam à necessidade de sua discussão na fase de projeto do sistema de produção.

Inicialmente foi exposto o processo de escolha tecnológica, seguida pela a descrição da importância de avaliar as questões de instalações de canteiro e os métodos atuais do PCP na construção. Sobre estes métodos, merece destaque a necessidade de integrá-los como forma de somar seus benefícios e atenuar suas deficiências individuais no controle da produção.

Quanto às ferramentas gráficas que apoiam o PSP, a linha de balanço é citada por diversos estudos como sendo a mais apropriada para expressar a ideologia da construção enxuta na melhoria das questões de fluxo de trabalho e produtividade. Entretanto, a área carece de estudos que sistematizem o uso de outras ferramentas apropriadas para etapa de

PSP. Os modelos de PSP existentes apresentam ferramentas adaptadas na maioria das vezes à realidade dos estudos práticos.

Com base nos objetivos desse trabalho de correlacionar a formulação da estratégia de produção e o PSP na construção civil, procurou-se descrever estudos que abordassem a integração vertical, o sistema de suprimentos, o sistema da qualidade e os recursos humanos para comprovar sua importância nas ações antecedem a execução do projeto da produção.

Como observado durante a revisão destas áreas de decisões, a gestão da cadeia de suprimentos está presente e inter-relaciona diversas áreas no PSP, seja na abordagem interna dos processos produtivos no canteiro de obras ou na relação externa entre o contratante e seus fornecedores e subcontratados.

A importância de minimizar os efeitos de variabilidade dos fluxos de trabalho foi discutida nos métodos existentes para PCP; na formulação do layout adequado para as instalações de canteiro; na escolha de tecnologias que auxiliem os processos; no estudo detalhado sobre abastecimento das equipes de trabalho durante o projeto para produção; bem como nas vantagens da modularização e industrialização de etapas do processo produtivo.

As decisões a respeito da opção de integração vertical envolvendo fornecedores e subcontratados nos processos também evidenciou esta integração com a cadeia de suprimentos da construção. Além de discutir a importância de antecipada de integrar ou não seus processos, o tópico descreveu a preocupação de estudos recentes em aprofundar o conhecimento a respeito das relações de confiança entre estes agentes com as empresas contratantes. A finalidade é melhorar a gestão dessa cadeia e o processo de PCP para obter melhores resultados no produto final e nos resultados econômicos da empresa.

5 MÉTODO DE PESQUISA

Para Freitas e Moscarola (2002), todas as ciências têm como característica a utilização de métodos científicos. Estes são definidos como atividades sistemáticas e racionais que utilizam a segurança e a economia para alcançar conhecimentos válidos e verdadeiros. Sendo assim, é preciso preparar e aplicar os meios disponíveis pelo pesquisador para alcançar os objetivos determinados. Ou seja, deve-se definir uma estratégia de pesquisa que considere as oportunidades e limitações que ocorrem ao longo do estudo conduzido (MACHADO, 2003).

A obtenção dos resultados esperados no estudo é regida por ações do pesquisador em busca do conhecimento, onde as informações obtidas auxiliam a tomada de decisão. Entretanto, deve-se saber que a estratégia e o tipo de pesquisa adotada dependem do momento, dos objetivos, das exigências de tempo e recursos disponíveis ao pesquisador (FREITAS e MOSCAROLA, 2002).

Tendo em vista que o objetivo desta pesquisa é identificar, por base nos aspectos estratégicos, decisões que compõem a elaboração do projeto do sistema de produção em obras de construção civil, procurou-se escolher empresas cujas obras estivessem em fase de elaboração do PSP.

Neste sentido, como o estudo foi desenvolvido em ambiente empresarial e os objetivos conduzem a uma interação com a realidade deste ambiente, a presente pesquisa pode ser classificada de acordo com os enfoques discriminados por Gil (1999) em:

- **aplicada** (quanto a natureza), uma vez que seu interesse prático permite utilizar os resultados imediatamente na solução de problemas reais;
- **exploratória** (quanto ao objetivo), visa proporcionar maior familiaridade com o problema, pretende torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses. Na maioria dos casos envolve levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado e análise de exemplos que estimulem a compreensão. Na maioria dos casos assume a forma de pesquisa bibliográfica ou de estudo de caso;
- **qualitativa** (quanto a forma de abordar o problema), pois não necessita do uso de método e técnicas estatísticas para comprovações. Ou seja, a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados em um ambiente natural são a base para esta pesquisa e o pesquisador é sua peça-chave no

processo. Estes analisam seus dados de forma indutiva e os focos principais abordados são o processo e seu significado;

- **estudo de caso** (do ponto de vista do método), pois consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento.

No decorrer das primeiras reuniões do estudo, o pesquisador foi envolvido pela necessidade de explicar questões relacionadas ao interesse da pesquisa, bem como orientar, embasar e modificar decisões adotadas pelos responsáveis no planejamento do empreendimento.

Essas interações com os colaboradores da pesquisa cogitou a mudança do método proposto para a realização de uma pesquisa-ação, no entanto a opção pelo estudo de caso prevaleceu. Segundo Thiollent (1994), através da pesquisa-ação é possível estudar dinamicamente os problemas, decisões, ações, negociações, conflitos e percepções que ocorrem entre os envolvidos durante o processo de mudança da situação. Apesar do estudo implementar algumas alterações no sistema de produção da empresa, o objetivo principal não visava construir o conhecimento a partir das mudanças realizadas.

Já o interesse geral dos estudos de caso buscam responder preferencialmente questões do tipo "como" e "por que", bem como caracteriza-se pelo pouco controle sobre os eventos por parte do pesquisador YIN (2010).

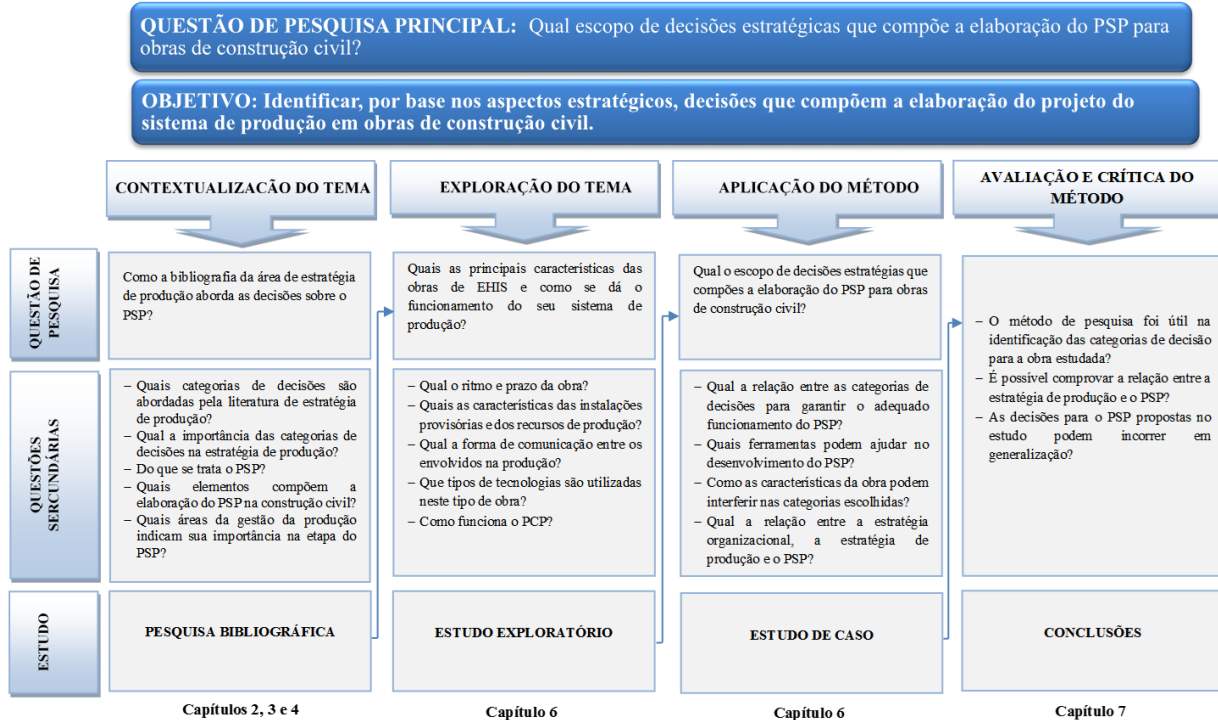
Para Yin (2010), o estudo de caso se trata um estudo empírico que investiga um fenômeno atual dentro do seu contexto de realidade, quando as fronteiras entre o fenômeno e o contexto não são claramente definidas e no qual são utilizadas várias fontes de evidências. Em algumas situações, como na observação participante, pode ocorrer manipulação informal.

No tópico a seguir é realizada o delineamento da pesquisa utilizada, bem como as etapas em que a pesquisa foi conduzida. Por fim, são descritas as técnicas de coletas e fontes de dados utilizadas para o atendimento aos objetivos almejados.

5.1 DELINEAMENTO DA PESQUISA

Para atender aos objetivos da presente pesquisa, o processo foi dividido em três etapas. A figura 9 indica para as etapas deste estudo quais questões foram respondidas no alcance do objetivo principal.

Figura 9 - Delineamento da pesquisa.



Fonte: Elaborado pelo autor.

5.1.1 Contextualização do tema

O processo começou com a revisão bibliográfica que envolveu a busca, a análise e a crítica aos principais trabalhos publicados sobre o assunto. Para Marconi e Lakatos (2006), o estudo da literatura pertinente pode ajudar a planificar o trabalho e representa uma fonte indispensável de informações.

Inicialmente a revisão fundamentou a pesquisa no que diz respeito à problematização e a justificativa para a elaboração do projeto de pesquisa. A exploração bibliográfica continuou por todo o período da pesquisa e enfatizou fontes sobre estratégia de produção, projeto do sistema de produção e as diversas áreas de competência da função produção na construção civil. O interesse foi auxiliar na resposta as seguintes questões desta pesquisa:

- quais são as pesquisas que descrevem decisões para o PSP na construção civil?
- como a bibliografia da área de estratégia de produção aborda as decisões sobre o PSP?
- como as decisões sobre PSP se relacionam para o adequado funcionamento da produção?
- quais as diferenças nas decisões para o PSP de obras com tipologias distintas?
- quais são as consequências na produção por desprezar alguma decisão no PSP?

Por fim, sua contribuição quanto aos objetivos específicos foi contribuir na identificação no referencial teórico sobre estratégia de produção quais categorias de decisões se relacionam com a elaboração do PSP.

5.1.2 Exploração do tema

A segunda etapa, intitulada de exploração do tema, foi cumprida através de um estudo exploratório ou piloto. Yin (2010) destaca sua importância antes de se fazer a coleta de dados dos casos finais da pesquisa, pois aprimora os planos, tanto em relação ao conteúdo dos dados quanto aos procedimentos a serem seguidos. Sua abordagem pode ser mais ampla e menos direcionada do que o estudo final. Sob o ponto de vista metodológico, o trabalho realizado nos locais do caso piloto pode fornecer algumas informações sobre as questões de campo relevantes e sobre a logística da investigação de campo (YIN, 2010).

A exploração do tema teve um papel fundamental para o alcance dos objetivos da pesquisa, pois permitiu o primeiro contato do pesquisador com o funcionamento do sistema de produção dos Empreendimentos Habitacionais de Interesse Social (objeto no qual se aplica o contexto da presente pesquisa).

O EHIS desse estudo era financiado pela Caixa Econômica Federal e executada por uma empresa de médio porte na cidade de Fortaleza/CE.

No período, a empresa do estudo era parceira do Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento da Construção – GERCON da Universidade Federal do Ceará, o qual convidou o pesquisador para fazer parte do acompanhamento do estudo sobre Planejamento e Controle da Produção realizado pelo grupo.

O trabalho realizado na empresa compreendia reuniões semanais no canteiro de obras entre a equipe de pesquisadores e a gerência da obra para discussão sobre os conceitos e princípios básicos do PCP, assim como algumas ferramentas básicas do sistema *Last Planner*.

No estudo exploratório, o pesquisador atuou como um observador, onde buscou-se o entendimento sobre as características a cerca desse tipo de empreendimento, tais como: volume de obra, prazo de execução, fluxos no canteiro, ritmo de produção, planejamento adequado, tecnologias empregadas, dimensionamento da mão-de-obra e armazenamento de materiais.

Além de permitir a sensibilização ao tema proposto, o embasamento pretendido pelo estudo exploratório visou apoiar o alcance do objetivo de identificar de que maneira empresas de construção desenvolvem o projeto do sistema de produção.

5.1.3 Aplicação do Método

A terceira etapa do trabalho foi destinada a realização de um estudo de caso único. O interesse foi a consecução de um estudo organizacional e gerencial de uma obra de EHIS, no qual o pesquisador, embasado na definição do método, tinha o interesse em aumentar a compreensão sobre a elaboração do PSP, ampliando assim, a experiência do método desenvolvido por Schramm (2004).

O EHIS era financiado pela CAIXA, sendo executado por uma empresa de médio porte e atuava a 28 anos do mercado da construção civil principalmente na cidade de Fortaleza/CE.

A empresa também era parceira do Grupo de Pesquisa e Assessoria em Gerenciamento da Construção – GERCON da Universidade Federal do Ceará. Por conseguinte, existiu a indicação do pesquisador para

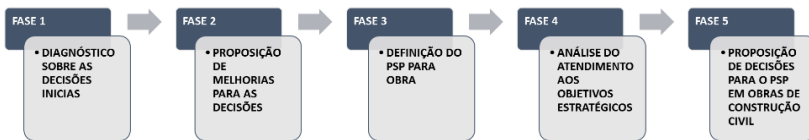
participar da consultoria a ser desenvolvida nos processos de suas obras, uma vez que o tema pretendido pela pesquisa era análogo às necessidades da empresa.

O interesse inicial da empresa foi identificar os pontos de melhoria no planejamento proposto para obra, estudar melhorias no *layout* do canteiro no que diz respeito às instalações físicas e fluxos, além da sugestão de tecnologias simples e de baixo custo para os processos produtivos.

As definições a respeito da obra encontravam-se ainda na fase de escolha dos sistemas de produção, organização das instalações e do planejamento da obra. Essa condição era favorável ao desenvolvimento da pesquisa, pois as definições antecediam a etapa de execução do empreendimento.

Em virtude da necessidade da empresa e dos objetivos pretendidos pelo presente estudo, o pesquisador sugeriu um estudo detalhado sobre o Projeto do Sistema da Produção para a obra. Dessa maneira, a fim de melhorar o entendimento a respeito do processo deste estudo a figura 10 demonstra cada fase necessária para o cumprimento do objetivo desta pesquisa.

Figura 10 - Fases para o desenvolvimento do estudo de caso.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na primeira fase do estudo de caso foi concebida uma avaliação e crítica ao escopo de decisões adotadas para o funcionamento do sistema de produção proposto para obra.

No decorrer das primeiras reuniões do estudo, o pesquisador foi envolvido pela necessidade de explicar questões relacionadas ao interesse da pesquisa, bem como orientar, embasar e modificar decisões adotadas pelos responsáveis do planejamento da obra. Desta forma, o passo seguinte foi propor melhorias nas decisões iniciais e indicar outras que, por fim, iriam compor o escopo do PSP para obra.

Ao final foi conduzida uma análise entre as ações propostas no PSP da obra e as prioridades competitivas pretendidas pela empresa. Para isto,

utilizou-se adaptações dos questionamentos de Godinho Filho (2004) e do modelo de alinhamento estratégico de Lira *et al.* (2015). O intuito foi identificar o atendimento à estratégia organizacional através das ações para PSP na obra.

Na quinta fase se reuniu todas as informações coletadas durante o período do estudo exploratório e do estudo de caso para propor dentre as decisões identificadas na revisão bibliográfica, quais poderiam fazer parte do escopo de decisões do PSP para obras de construção civil.

Além do interesse em atender ao objetivo geral da presente pesquisa, o estudo de caso buscou-se o responder aos seguintes objetivos específicos:

- identificar de que maneira empresas de construção desenvolvem o projeto do sistema de produção;
- verificar como decisões propostas para o PSP na construção civil podem auxiliar no alcance dos objetivos estratégicos da empresa;
- sugerir ferramentas e técnicas que auxiliem a elaboração do PSP.

5.2 TÉCNICA DE COLETA DE DADOS

As técnicas são um conjunto regras ou procedimentos utilizados pela ciência na obtenção de seus objetivos. Ou seja, corresponde a parte prática de coleta de dados e se dividem em: documentação indireta, abrangendo a pesquisa documental e a bibliográfica e documentação direta (MARCONI e LAKATOS, 2006). Para esses autores a documentação direta, subdivide-se em:

- observação direta intensiva (técnicas da observação e entrevista);
- observação direta extensiva (técnicas de questionário, formulários, medidas de opiniões, testes, análise de conteúdo, história de vida, análise de mercado).

Voss *et al.* (2002) consideram que a principal fonte de dados em um estudo de caso é a entrevista estruturada, apoiada com frequência por entrevistas não estruturadas e interações. Outras fontes de dados podem incluir observação pessoal, conversas informais, participação em reuniões ou eventos, levantamentos administrados dentro da organização, coleta de dados objetivos e análise de dados documentais.

Yin (2010) discute seis fontes de evidências: documentação, registros em arquivos, entrevistas, observação direta, observação participante e os artefatos físicos. Nenhuma dessas fontes possui uma vantagem indiscutível sobre as outras, na verdade elas são complementares. Segundo Voss *et al.* (2002), um princípio subjacente na

coleta de dados dos estudos de caso é a triangulação, ou seja, a combinação e uso de diferentes métodos para estudar um mesmo fenômeno.

Do ponto de vista da técnica para coleta de dados, esta pesquisa utiliza mais de uma forma de fonte ou para coleta de dados, dentre elas: a observação, as entrevistas, e informações de arquivo (pesquisa documental). Contudo, Marconi e Lakatos (2006) indicam que seja qual for a técnica utilizada, deve-se descrever a característica, a forma de sua aplicação e como se captar e trabalhar os dados obtidos.

5.2.1 Observação

Marconi e Lakatos (2006) destacam que a técnica de observação utilizam os sentidos e examinam fatos ou fenômenos para entender determinados aspectos da realidade. Por exemplo, ao realizar uma visita de campo ao local escolhido para o estudo de caso, cria-se a oportunidade de fazer observações diretas, tais como alguns comportamentos ou condições ambientais relevantes (YIN, 2010).

Para Yin (2010), a melhor vantagem da observação se relaciona com a sua habilidade de permitir participar de eventos ou de grupos que são inviáveis à outras investigações científicas, além de perceber a realidade do ponto de vista de alguém de "dentro" do estudo, e não de um ponto de vista externo. Entretanto, é limitada, por isso, há a necessidade de se aplicar mais de uma técnica simultaneamente (MARCONI e LAKATOS, 2006).

A pesquisa empregou a observação não estruturada ou assistemática para o estudo exploratório. Segundo Marconi e Lakatos (2006), esta visa recolher e registrar os fatos da realidade sem que o pesquisador utilize meios técnicos especiais ou precise fazer perguntas diretas. Seu uso é mais comum em estudos exploratórios e não tem planejamento e controle previamente definidos.

Sendo assim, durante as reuniões semanais no canteiro de obras a equipe de pesquisadores aproveitavam para realizar visitas em campo para discutir o funcionamento do sistema de produção, bem como o comportamento dos envolvidos nos processos.

No estudo de caso, destaca-se o uso da observação participante. Para Yin (2010), a observação participante é uma modalidade especial de observação na qual o pesquisador não é apenas um observador passivo. Em vez disso, ele pode assumir uma variedade de funções dentro de um estudo de caso e pode, de fato, participar dos eventos que estão sendo estudados. Marconi e Lakatos (2006) acrescentam que o pesquisador se

confunde com o grupo e exerce influência sobre este, primeiramente ganhando a confiança do grupo e fazendo os envolvidos entenderem a relevância da investigação.

Os maiores problemas relacionados à observação participante se referem aos pontos de vista tendenciosos do pesquisador. Este pode assumir posições ou advogar funções contrárias aos interesses das boas práticas científicas por possuir pouca habilidade de atuar como observador externo; pode se deter a um evento conhecido e se tornar um apoiador do grupo ou da organização em estudo; pode exigir atenção demais em relação à função de observador, não tendo tempo suficiente para fazer anotações ou perguntas sobre os eventos em outra perspectiva (YIN, 2010).

Durante o estudo de caso, o pesquisador esteve presente em todo o desenvolvimento da obra. Inicialmente na concepção das primeiras decisões a respeito do projeto de produção, através das reuniões e visitas à obra e posteriormente na fase de acompanhamento e controle da produção, fase na qual o pesquisador passou a atuar diariamente das decisões da obra.

5.2.2 Entrevistas

De acordo com Yin (2010), a entrevista é uma das mais importantes fontes de informações em um estudo de caso. Basicamente se define como um encontro entre duas pessoas para obterem informações sobre um determinado assunto, mediante uma conversação de natureza profissional. Seu procedimento é útil na investigação social para coletar dados, ajudar no diagnóstico ou no tratamento de um problema social (MARCONI e LAKATOS, 2006).

As entrevistas podem ser conduzidas de diversas formas, é muito comum no estudo de caso que o entrevistado expresse sua opinião de forma espontânea sobre certos acontecimentos e o pesquisador utilize essas proposições como base para uma nova pesquisa (YIN, 2010).

Voss *et al.* (2002) consideram que o primeiro contato ideal deveria ser com um funcionário de certo nível hierárquico na empresa que abra as portas onde for necessário e indique as melhores pessoas a serem entrevistadas para a coleta de dados, ou seja, que forneça o suporte necessário para a condução da pesquisa.

Tal qual a técnica de coleta de dados, a entrevista é flexível, por exemplo, permite o entrevistador repetir ou esclarecer perguntas, formular de maneira diferente e especificar algum significado para garantir sua compreensão. Além disso, oferece oportunidade para avaliar

atitudes e condutas do entrevistado, bem como dá a oportunidade de obter dados relevantes e significativos que não se encontram em fontes documentais (MARCONI e LAKATOS, 2006).

A presente pesquisa fez uso de entrevistas não estruturadas na realização do estudo de caso, onde o entrevistador teve a liberdade para desenvolver cada situação com perguntas abertas e respondidas dentro de uma conversação informal.

O diretor técnico foi o escolhido para responder aos questionamentos do pesquisador (roteiro básico no Anexo A), uma vez que este foi o fundador da empresa e estava diretamente envolvido com a definição dos objetivos estratégicos da empresa. Além disso, o mesmo se mostrava como entusiasta e incentivador a todo processo de melhoria desenvolvido para a produção pela equipe técnica da obra.

O objetivo da entrevista foi coletar informações sobre a empresa e entender a maneira pela qual a mesma trabalha seus objetivos estratégicos refletidos na produção.

Ocorreram também no estudo de caso conversas informais em vários momentos com a equipe de técnica da obra. Os questionamentos eram formuladas de acordo com a necessidade de se compreender o processo de organização da produção e esclarecer dúvidas após as observações das reuniões.

5.2.3 Informações de documentos e arquivos

Para Yin (2010), a técnica de coleta de documentos é estável por permitir a sua revisão inúmeras vezes; é discreta, por não ser criada como resultado do estudo de caso; é exata, por conter dados exatos de um evento; é de ampla cobertura, por descrever em longo espaço de tempo, muitos eventos e muitos ambientes distintos. No entanto, pode possuir a capacidade de recuperação dos dados baixa; seleção tendenciosa, no caso de pesquisa incompleta, além de refletir ideias preconcebidas do autor.

Os registros em arquivo geralmente em sua forma computadorizada podem ser encontrados como: registros de serviço, registros organizacionais, mapas e tabelas, listas de nomes, dados oriundos de levantamentos e registros pessoais. Quando se julga que as provas de arquivos sejam importantes, o pesquisador deve tomar cuidado ao averiguar sob quais condições elas foram produzidas e qual seu grau de precisão. Algumas vezes, podem existir inúmeros os registros em arquivo, mas a quantidade não deve ser considerada o único indício de precisão (YIN, 2010).

Dentre as fontes compiladas pelo pesquisador que foram úteis aos objetivos da pesquisa, tem-se:

- contratos para execução da obra ;
- histórico de produtividade da empresa;
- manuais da CAIXA;
- procedimentos de execução de serviço e manual de qualidade da empresa;
- relatos das reuniões de planejamento e entrevistas com os envolvidos;
- relatório fotográfico do pesquisador.

Por base nas atribuições aqui definidas para o método desta pesquisa a seguir será descrito o desenvolvimento da pesquisa, onde serão explanados o estudo exploratório, o estudo de caso e ao final apresentado as decisões para o projeto de sistema de produção para obras de construção civil.

6 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

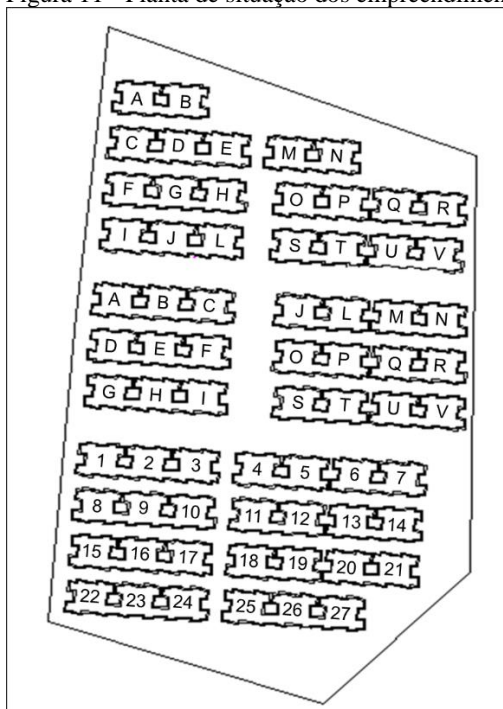
6.1 ESTUDO EXPLORATÓRIO

6.1.1 Descrição do empreendimento

A obra compreendia a construção de três conjuntos residenciais, em um mesmo terreno, sendo dois deles compostos por 21 blocos de apartamentos e o outro por 27, totalizando 552 unidades habitacionais (figura 11). O bloco era composto de oito apartamentos, cada um com dois quartos, uma sala de estar/jantar, um banheiro, uma cozinha e uma lavanderia.

O prazo de execução dos três residenciais era de doze meses e deveriam ser construídos de forma simultânea. Essa condição tornou o PCP um processo complexo apesar das características de repetitividade desse tipo de empreendimento.

Figura 11 - Planta de situação dos empreendimentos.



Fonte: arquivo de projetos da empresa.

6.1.2 Processos analisados no estudo

Nesta seção são expostas observações realizadas durante o período do estudo exploratório. Destacam-se aquelas que dizem respeito às características do sistema de produção para o tipo de empreendimento, bem como as decisões da gerência da obra para a elaboração do seu projeto de produção.

6.1.2.1 Instalações do canteiro de obra

Destaca-se durante o período em o pesquisador participou das reuniões e visita à obra a observação de várias particularidades, tais como: a grande extensão do canteiro de obra, as inúmeras possibilidades de fluxos, uma maior área de vivência, a necessidade de várias centrais de betoneira, o volume e ritmo de obra acelerado, além da grande quantidade de recursos empregados (materiais e mão-de-obra).

O tamanho do canteiro representa longos deslocamentos dos insumos envolvidos na produção, a dificuldade de encontrar pessoas e postos de trabalho, além de locais dinâmicos para armazenamento de materiais. Essas características são diretamente atreladas às atividades de fluxo que agregam valor ao sistema, pois esses cenários possibilitam diversas formas de encontrar desperdícios.

A área de vivência estava concentrada na parte inferior do canteiro, exigindo que os operários se deslocassem por um longo percurso até as instalações de banheiros, refeitório, administração da obra e almoxarifado. Essas viagens aumentavam o tempo de ciclo das atividades, tempos improdutivos, cansaço físico e redução da produtividade. Portanto, era imprescindível um estudo antecipado da localização das instalações de canteiro para que contemplassem as definições de fluxos físicos em obra.

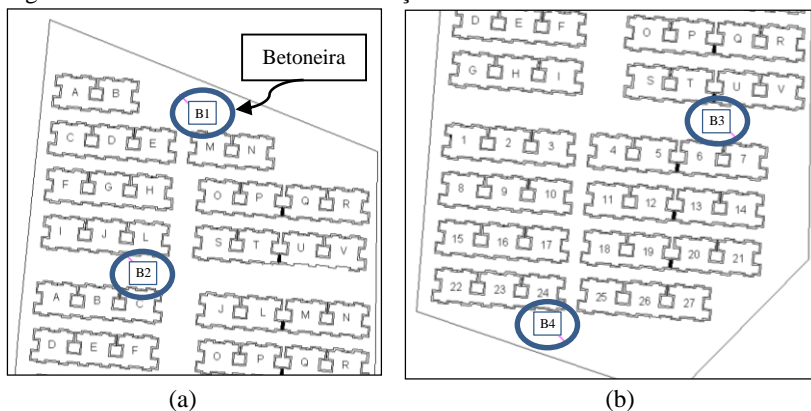
Durante as visitas ao canteiro, identificou-se a importância de uma sinalização visual adequada que permitisse compreender a localização dos blocos, os postos de trabalho, depósito de insumos e centrais de abastecimento. A intenção seria aumentar da transparência do fluxo, pois como observado, mesmo com as identificações dos blocos, muitos funcionários se perdiam, retardando a execução de uma determinada tarefa ou difusão de informações necessárias.

O ritmo da obra exigia um eficiente e flexível sistema de abastecimento e armazenamento de materiais. Era possível observar a facilidade de trânsito de caçambas e caminhões no canteiro e a mudança

constante da localização de materiais no canteiro para atender a necessidade de aproximação dos materiais aos postos de trabalho.

Para atender a demanda dos postos de trabalho, existiam distribuídas no canteiro quatro centrais de produção de argamassas como demonstra a figura 12 (a) e (b).

Figura 12 - Planta baixa com a localização das betoneiras.



Fonte: arquivo de projetos da empresa.

As centrais estavam dispostas de forma a dividir a demanda dos postos de trabalho para quaisquer tipos de argamassa que necessitassem. Apesar disso, verificou-se um arranjo ineficiente das baias de agregado (figura 13), gerando aumento do tempo de ciclo dos operários envolvidos no abastecimento das centrais. Esta condição criou a necessidade de um estudo detalhado sobre o processo global de fabricação das argamassas na obra explicitado mais adiante.

Figura 13 - Disposição das baias em relação à betoneira.



Fonte: elaborado pelo autor.

6.1.2.2 Tecnologia dos processos produtivos

Ainda relacionado aos fluxos na obra, foram observados os tipos de transportes utilizados no sistema de produção. O único transporte horizontal utilizado na obra para manuseio de materiais (argamassas, blocos cerâmicos, concreto) foi o carro-de-mão (Figura 14a) e não existia qualquer tipo de equipamento que realizasse o transporte vertical, como demonstrado na figura 14b.

Figura 14 - Tipos de transporte existentes na obra.



Fonte: elaborado pelo autor.

O cenário exposto demonstrou que não existiu preocupação em estudar, antecipadamente, o abastecimento dos postos de trabalho. Poderiam ter adotado para o transporte horizontal equipamentos simples como jericá, porta-pallet ou até mesmo uma mini carregadeira e para o transporte vertical, o foguete ou mini grua.

Esse fato teve repercussão significativa na produtividade dos serviços. A falta de equipamentos adequados aumenta o esforço físico dos operários, que transporta menos materiais em mais tempo até os postos de trabalho. Além disso, tomando por base os princípios da construção enxuta, aumenta o número de passos e partes do processo.

Também não foi constatado o uso de outras tecnologias avançadas que auxiliassem o sistema de produção, todos eles eram equipamentos e ferramentas convencionais. Decerto, este seria um ponto necessário para trabalhar a melhoria contínua dos processos da obra.

6.1.2.3 Planejamento e Controle da Produção

Como o exposto anteriormente, havia uma preocupação da administração da empresa em melhorar os aspectos ligados ao Planejamento e Controle da Produção. Até então, o planejamento estava sendo realizado por um engenheiro externo e não ocorria o acompanhamento adequado das metas a serem alcançadas. O trabalho realizado pela equipe de pesquisadores do GERCON buscava modelar a forma de acompanhamento e controle da produção da obra, através do método de planejamento proposto por Bernardes (2001).

A obra exigia a utilização de muitas equipes de trabalho em frentes de serviços diferentes, sendo imprescindível o acompanhamento diário das metas estabelecidas e a definição da sequência das equipes de trabalho. Todavia não existia um planejamento formal de curto prazo.

A dificuldade desta etapa estava principalmente voltada à capacidade produtiva que iria ser exigida para a entrega no prazo estipulado. A contratação de mão-de-obra especializada para os serviços era um gargalo no processo produtivo devido à escassez desta na cidade, uma vez que diversos empreendimentos do mesmo porte estavam em construção no período.

Os planos eram elaborados com o objetivo de atingir metas de médio prazo e possuíam normalmente um horizonte de tempo igual há um mês. Eles se baseavam a partir das metas estabelecidas para a medição da CAIXA e transferidas para as metas semanais no mesmo nível de planejamento, ou seja, sem detalhamento adequado. Ainda mais, o plano de ataque do empreendimento não era bem definido, ou seja, a equipe técnica se preocupava em cumprir com as quantidades a serem medidas no final do mês, mas não existia um sequenciamento lógico a ser seguido pelo sistema de produção.

No que diz respeito ao controle da produção, a administração da obra utilizava a técnica do cartão de produção ou ordem de serviço (OS), que destacava: quem executou; o que foi executado e; quando foi concluído o serviço (figura 15).

Figura 15 - Ordem de serviço utilizada inicialmente.

ORDEM DE SERVIÇO									
Obra									
Nº OS									
Item	Realizado		Tarefa	Unid.	Local	Quant.	Bloco	Valor	Valor
1	Início	Final							
2									
Item	Equipe	Função	Data de Recebimento:						
1			Visto do Recebedor:						
2									
3									

Fonte: adaptado de Barroso (2007).

Em contrapartida esse sistema proposto era incompleto, pois não identificava para qual posto de trabalho a equipe de trabalho deveria se deslocar após concluir seu módulo de serviço. Por consequência, essa condição acarretava o aumento do tempo de setup para próxima atividade, pois a equipe de deslocava até a administração da obra para entregar o cartão concluído e aguardar a definição do próximo local de produção.

Após identificação dessa falha, foi proposta a inclusão na OS da definição do destino das equipes, sendo esta realizada durante a elaboração do planejamento de curto prazo. Ademais, através do histórico de produtividade resgatado nas OS anteriores, a equipe técnica conseguiu elaborar no planejamento de curto prazo um plano de ataque antecipado para postos de trabalho. Assim, no plano semanal cada equipe já sabia sua sequência de execução e antecipava as questões relativas à organização e alocação de recursos. A figura 16 demonstra a modificação da OS após este estudo.

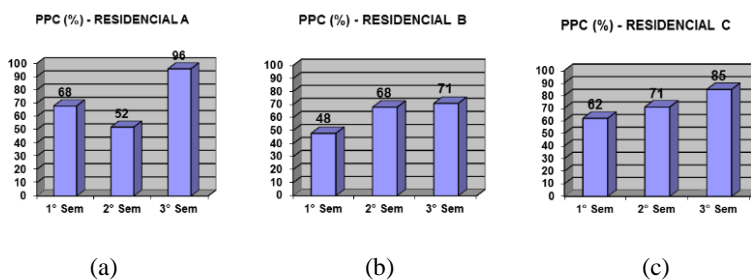
Figura 16 - Nova ordem de serviço definida.

ORDEM DE SERVIÇO			
Nº OS:	EQUIPE		
SERVIÇO:	Função	Funcionário	Valor
LOCAL:			
DATA DE INÍCIO:			
DATA DE TÉRMINO:			
Condições para que o serviço seja recebido:			
Autorização do Serviço:	VALOR TOTAL : _____		
Recebimento do Serviço:			
TAREFA SECUNDÁRIA:	Meta para conclusão dos serviços: __ dias		
Serviço:	Meta realizada: __ dias _____		
Local:			

Fonte: adaptado de Barroso (2007)

O planejamento de curto prazo começou a ser desenvolvido durante as reuniões com o grupo de pesquisadores do GERCON. As reuniões serviam para que a equipe da obra (engenheiro, encarregados e estagiário) elaborasse o planejamento de curto prazo filtrado do médio prazo, estudasse as causas do não cumprimento das metas da semana produtiva e tirasse as dúvidas com os pesquisadores sobre a forma de como estavam desenvolvendo o modelo. Ademais, calculavam o Percentual de Planos Completos (PPC) e mapeavam o desempenho das semanas anteriores (figura 17).

Figura 17 - PPC das três primeiras semanas do estudo.



Fonte: baseado em Barroso (2007),

6.1.2.4 Processos Críticos

Conforme também verificado nesta obra, existiram muitos processos que se repetiam e outros que ditavam o ritmo de vários serviços. Este último, considerados processos críticos, quando seu estudo é desprezado pode comprometer diretamente as metas estipuladas, bem como gerar o consumo inapropriado de recursos e aumentar tempo de ciclo das atividades.

O processo crítico que chamou a atenção da equipe técnica foi as centrais de abastecimento de argamassas. A obra possuía quatro betoneiras, locadas de modo a abranger áreas divididas igualmente para atender a demanda e otimizar os fluxos de materiais e mão-de-obra. A intenção era evitar grandes distâncias de percurso.

Embora tenha existido esse planejamento inicial, as centrais não dispunham de todos agregados para a elaboração de todos os tipos de argamassa. Ou seja, existiam betoneiras que só fabricavam concretos e outras que só produziam argamassas para alvenaria e reboco.

Ademais, as equipes de trabalho não estavam instruídas para saber qual central de argamassa deveria abastecê-los, o que gerou sobrecargas em algumas situações (figura 18). Os serventes se deslocavam para outra central quando não encontravam produto necessário na mais próxima ao seu posto de trabalho.

Figura 18 - Fila para abastecimento das equipes de trabalho.



(a)



(b)

Fonte: elaborado pelo autor.

Em outros casos, o operador da betoneira fabricava um estoque grande de produtos, de acordo com a demanda solicitada, mas não tinha noção em quanto tempo iria ser consumido.

Diante a situação exposta, a administração da obra se preocupou em estudar mais detalhadamente o caso. O estagiário levantou dados *in-loco* e com o auxílio dos pesquisadores do GERCON sugeriu modificações para o processo de fabricação das argamassas. Esse trabalho posteriormente gerou a publicação Barroso et. al. (2007), onde o caso é descrito com maiores detalhes.

A primeira medida apresentada foi que as centrais deveriam dispor de todos os materiais necessários para a elaboração de quaisquer traços de argamassa. Em seguida, foi redesenhada a área de abrangência de cada betoneira. Os operários das centrais, bem como as equipes de trabalho foram treinados com relação aos tipos de argamassas, locais de abastecimento e dos tempos para elaboração de traços. Ainda mais, cada central de abastecimento recebeu um quadro que indicava quais áreas da obra deveria atender (Figura 19).

Figura 19 - Planta com a demarcação de áreas das centrais de abastecimento.



Fonte: elaborado pelo autor.

O estudo também propôs um cálculo para reorganizar a oferta de argamassa de acordo com sua demanda. Assim, identificou-se a necessidade através do número de equipes e calculou-se o tempo *takt*, ou seja, a frequência em que o produto deveria ser produzido para atender a demanda, portanto, sendo sincronizado o ritmo de produção e a utilização das argamassas. O objetivo com estas alterações foi transformar o sistema de produção empurrado que existia em um sistema de produção puxado.

Ao final do estudo se concluiu que as betoneiras conseguiam abastecer normalmente as equipes de trabalho, possuindo ainda flexibilidade para atender a uma maior demanda de produção. Existia decerto a necessidade da organização do processo, o treinamento dos envolvidos e o dimensionamento correto da produção para o adequado funcionamento do sistema. Este estudo resultou em trabalhos (como Barroso 2007; Barroso *et al.*, 2007) com contribuições do pesquisador do presente estudo.

Barroso (2007) abrangeu a discussão sobre o projeto de alguns elementos do sistema de produção para a obra citada, destacando as melhorias realizadas e os resultados alcançados. Já Barroso *et. al.* (2007) trataram especificamente do estudo sobre o abastecimento de argamassas

na obra, objetivando-se adequar o planejamento do uso das betoneiras, o layout de produção e a distribuição das argamassas de acordo com a demanda exigida.

6.1.3 Conclusões do estudo exploratório

No estudo exploratório o pesquisador desenvolveu a percepção das diversas características do tipo de obra que é foco desta pesquisa, como também do funcionamento do seu sistema de produção. Constatou-se, sobretudo, a necessidade de estudar antecipadamente diversos pontos importantes que irão afetar o desempenho da função produção.

Primeiramente, é relevante analisar as questões relativas à localização e dimensionamento do canteiro de obras, conforme descrito no subitem 6.1.2.1. Este tipo de obra apresenta grande quantidade de atividades de fluxo envolvidas em seus processos, sendo necessário identificar os locais adequados, a quantidade das instalações físicas da produção que permitam reduzir os tempos de ciclo e de setup das atividades, além de atender as exigências trabalhistas quanto ao dimensionamento correto de suas dependências.

O subitem 6.1.2.2 destacou as tecnologias envolvidas nos processos de produção. A escolha dos tipos de transporte para os deslocamentos de insumos dentro da obra, bem como os equipamentos e ferramentas para execução dos serviços permitem melhorar a eficiência nas questões de fluxo, reduzir a força física empregada pelos operários, antecipar a conclusão de tarefas e melhorar a qualidade final almejada.

Pode-se afirmar que o PCP, de acordo com o subitem 6.1.2.3, foi o ponto de maior preocupação da equipe técnica da obra. As definições dos planos de longo, médio e curto alcance devem nortear as metas pretendidas para entrega do empreendimento no prazo estipulado. Neste contexto, o estudo do dimensionamento da capacidade produtiva e da organização dos processos também deve ser avaliado. O prazo de execução era pequeno, sendo necessária a contratação de elevada quantidade de mão-de-obra e medidas de controle eficazes para atender ao planejamento.

Por último, o subitem 6.1.2.4 demonstrou que o estudo dos processos críticos não pode ser omitido. O caso em estudo foi referente às centrais de abastecimento de argamassa, mas também podem ser observados em serviços de produção, como é o caso da elevação de alvenaria. Estes processos são responsáveis por ditar o ritmo de produção da obra e sua negligência acarreta desperdícios de recursos (materiais e mão-de-obra), além de comprometer o prazo de conclusão da obra.

Tomando-se por base os objetivos da presente pesquisa, a discussão de outras categorias de decisões, além das observadas no estudo exploratório, poderia aperfeiçoar o sistema de produção apresentado. Como exemplo, a gestão do sistema de informações, do sistema da qualidade e recursos humanos.

O desenvolvimento de um sistema de informações anterior à etapa de produção poderia evitar os problemas de fluxos de abastecimento, identificação dos postos trabalhos, bem como aprimorar a comunicação da administração da obra com a equipe de produção.

Um sistema da qualidade concebido para gerir seus processos seria capaz de aprimorar as questões relativas ao suprimento da obra, organização dos estoques de insumos, padronização dos processos produtivos, bem como o PCP.

Entretanto, para que estas categorias desempenhassem adequadamente suas atribuições, seria indispensável o aperfeiçoamento dos recursos humanos. Assim seria possível alcançar ganhos de produtividade, conhecimento sobre os processos produtivos e melhoria da qualidade final da obra.

6.2 ESTUDO DE CASO

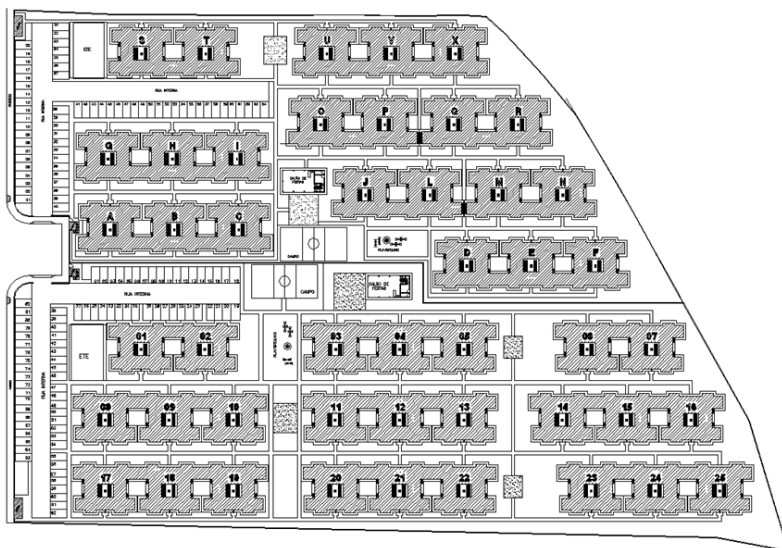
6.2.1 Descrição dos empreendimentos

A obra contemplou a execução de dois contratos simultaneamente para a construção de 376 unidades habitacionais distribuídas em 47 blocos (térreo mais um pavimento). A figura 20 demonstra sua planta de situação.

O primeiro empreendimento possuía 176 unidades habitacionais em 22 blocos (indicados por letras) distribuídos em uma área de 11.098,70 m². Já o segundo possuía 200 unidades em 25 blocos (indicados por números) e distribuídos em uma área de 13.469,55 m². A unidade habitacional tinha 47,52 m², onde 42,17 m² correspondia à área privativa (sala, dois quartos, banheiro social, cozinha e área de serviço) e 5,35 m² correspondia à área comum.

Constituíam partes comuns, inalienáveis e indivisíveis, para cada uma das unidades residenciais, pátio externo para circulação de veículos e pessoas, calçadas, playground, guarita de segurança, salão de festa, lixeira e jardins.

Figura 20 - Planta de situação dos empreendimentos.



Fonte: arquivo de projetos da empresa.

O prazo para a entrega da obra era inicialmente de doze meses. No entanto, no decorrer da obra este prazo foi alterado para 14 meses, conforme descrito mais adiante.

6.2.2 Concepção do PSP para o estudo de caso

As decisões da administração da obra sobre a concepção do sistema de produção foram identificadas, avaliadas, criticadas e reformuladas para constituir o PSP inicial da obra. Para isto, o pesquisador levou em consideração os conhecimentos adquiridos através do estudo da literatura, o escopo de decisões dos modelos de PSP, as técnicas do método pesquisa e o conhecimento adquirido durante o estudo exploratório.

O trabalho iniciou sobre uma reflexão da prática comum da empresa a fim de compreender o problema e identificar melhorias. Em seguida, através de um planejamento foram implementadas e monitoradas as melhorias propostas, e o ciclo finalizou com uma reflexão sobre o que aconteceu.

A elaboração do PSP inicial ocorreu no período de dois meses. A longa duração destinada a essa etapa se deveu à demora no fechamento

do contrato da obra pelo órgão financiador, o que gerou insegurança por parte da empresa sobre a real data de início das atividades.

Após a efetivação das melhorias propostas para o PSP, o pesquisador foi convidado a fazer parte do corpo de funcionários da empresa como engenheiro residente da obra. A partir deste momento, as decisões adotadas na etapa de anterior à execução puderam ser monitoradas de forma mais consistente, auxiliando o pesquisador a identificar novas necessidades e outros pontos de melhoria para PSP durante a fase de execução.

Entretanto, em virtude das limitações de tempo e foco da pesquisa, a fase de execução da obra não foi descrita. Considerações a seu respeito faz parte das conclusões finais deste trabalho.

A seguir são descritas as reuniões que ocorreram na fase inicial de proposição do PSP para obra. Foram seis reuniões formais, além das visitas do pesquisador ao canteiro de obras.

• 1ª Reunião

Na reunião esteve presente o diretor técnico da empresa, o engenheiro residente da obra, o engenheiro de planejamento alocado no escritório, o pesquisador e a professora da UFC, Thaís da Costa Lago Alves, representante do GERCON.

Em primeiro lugar, definiu-se o tempo necessário para a realização do estudo e o tempo de dedicação do pesquisador para desenvolvimento da pesquisa dentro da empresa. Assim, ficou acertado inicialmente que o estudo iria durar um mês, o pesquisador estaria presente na empresa três vezes por semana para reuniões e visitas à obra com a administração da empresa e equipe técnica.

Na sequência, o diretor técnico demonstrou interesse em rever as decisões tomadas pelo engenheiro residente da obra com o intuito de refinar o trabalho realizado. Segundo ele, o trabalho do pesquisador deveria começar com uma crítica ao que foi elaborado no planejamento da obra e projeto de canteiro. Dentre os itens que se referiam ao planejamento, seria necessário revisar os prazos de cada uma das atividades, o redimensionamento dos recursos e o plano de ataque à obra.

Sobre o projeto de canteiro de obra, os principais pontos ressaltados foram: o estudo dos fluxos físicos, a definição de zonas de abastecimento das centrais de argamassa, o dimensionamento elétrico e de abastecimento de água da obra.

Nessa reunião, destacou-se a necessidade de se redefinir as atribuições da equipe administrativa da obra e as formas de pagamento

das equipes de trabalho, sendo elas ou pagamento do servente incorporado à produção do pedreiro ou produção paga apenas para o pedreiro. Aqui se pode fazer inferência a necessidade de melhoria dos recursos humanos.

Quanto à adoção de inovações tecnológicas discutiu-se a utilização de equipamentos que possuíssem baixo tempo de mobilização e desmobilização para as equipes de abastecimento na obra. Dentre esses, os comentados na reunião foram a mini carregadeira para transporte horizontal e a mini grua para transporte vertical.

O diretor ressaltou também a importância da elaboração de mecanismos que possibilitassem uma maior transparência das informações. Por exemplo, a solicitação de materiais pela equipe da obra deveria apresentar todas as informações detalhadas do material desejado. Além disso, todas as tarefas das equipes de produção deveriam estar definidas antecipadamente quanto ao preço a ser pago, a quantidade de recursos para execução, a quantidade a ser executada, a quantidade de equipes e a sua sequência executiva. Por fim, o diretor destacou a importância da elaboração do projeto dos processos críticos da obra.

• 2ª Reunião

A segunda reunião teve a participação do pesquisador e do engenheiro de planejamento. Neste dia, o pesquisador conheceu o canteiro de obras, os detalhes executivos do projeto e a equipe administrativa da obra.

O engenheiro de planejamento demonstrou toda a programação idealizada e os dados do acervo de produtividade da empresa utilizadas para a sua elaboração. Além disso, demonstrou as ferramentas disponibilizadas pelo sistema de informática para controle e acompanhamento da obra. O Sistema possuía desde o sistema de compras integrado ao planejamento, até o controle do estoque de materiais na obra.

Nesta reunião o pesquisador sugeriu a utilização da linha de balanço para demonstrar graficamente o planejamento executivo da obra, pois somente o engenheiro de planejamento manipulava o planejamento elaborado no programa computacional *MSPProject* e nem mesmo o engenheiro residente dominava a técnica.

Por fim, abordou-se a importância da elaboração dos projetos executivos das fundações e alvenaria para melhorar a transparência desses processos e facilitar o treinamento das equipes envolvidas. Segundo a opinião do engenheiro residente, com o projeto executivo, além de obter as vantagens comentadas anteriormente, o resultado final seria a redução do número de erros e menor desperdício de tempo e materiais.

• 3ª Reunião

Nesta reunião participaram o diretor técnico, o engenheiro residente, o engenheiro de planejamento, o técnico de edificações, o mestre obras e o pesquisador.

O diretor técnico reforçou a necessidade da elaboração do planejamento detalhado do item da planilha orçamentária “infraestrutura e equipamento”, pois somente existia do item “habitação”. Indicou também que deveria ser revisado o ritmo e a sequência de algumas atividades da programação, pois isso iria garantir uma antecipação das receitas da empresa e redução do número de equipes envolvidas.

O pesquisador relatou a importância da realização dos projetos executivos de alguns serviços e quais informações poderiam estar contempladas nesses projetos.

A reunião abordou outros assuntos importantes. O primeiro foi a definição do sistema de suprimento da obra. O transporte horizontal deveria ser feito através da mini carregadeira e jericas, já o transporte vertical deverá ser feito com mini grua.

A escolha pela mini carregadeira deve-se aos resultados alcançados por outras construtoras no mesmo tipo de empreendimento, enquanto que a escolha pela mini grua deve-se à experiência da empresa na obra anteriormente executada. Por fim, ainda sobre esse assunto, tratou-se como seria o aproveitamento das mini gruas, pois a empresa apresentava apenas seis desses equipamentos. Na reunião ficou definido que deveria existir um equipamento para cada platô (conjunto de blocos unidos). Dessa maneira, entre cada bloco existiria uma passagem pela alvenaria para o transporte horizontal de materiais.

O segundo assunto abordado foi como seriam as atribuições de cada funcionário da administração da obra. O engenheiro residente leu as atribuições do engenheiro de planejamento, engenheiro residente, mestre de obra, técnicos de edificações, técnico de segurança, apontador e almoxarife, segundo o manual de qualidade (MQ) da empresa. Logo após, foram debatidas melhorias nestas atribuições para o contexto da obra.

O terceiro assunto envolveu decisões sobre segurança do trabalho e as exigências técnicas quanto ao dimensionamento das instalações para a quantidade de operários que iriam ser contratados. Quanto às instalações sanitárias existentes no canteiro, o diretor técnico antecipou para o grupo da reunião a aquisição de outros dois contêineres para ampliação das instalações quando houvesse a necessidade de mais funcionários.

No período, o engenheiro residente estava selecionando uma nova técnica de segurança para integrar a equipe da obra e comentou sobre a

necessidade de experiência na área da construção devido à dimensão da obra.

Outro ponto discutido foi a atenção necessária para a realização da CIPA. Na obra anterior problemas de comportamento de integrantes da CIPA causaram transtornos à administração da empresa. Em virtude disso, o diretor técnico indicou a necessidade de treinamentos rotineiros para envolvimento e integração dos participantes com a administração da obra.

Por último, foi abordada a importância dos treinamentos a serem realizados antes do início de cada serviço. Os treinamentos deveriam contemplar além das exigências técnicas do serviço, os critérios de recebimento, a qualidade desejada, o preço da produção e o sistema de medição da empresa. Essa decisão iria garantir uma maior transparência da comunicação entre a produção e a administração da obra.

• 4ª Reunião

Na quarta reunião participaram o engenheiro residente, engenheiro de planejamento e o pesquisador. Neste dia começou a revisão do planejamento executado pelos engenheiros.

Assim, foram redefinidas as atividades representadas no planejamento de longo prazo, a adaptação das unidades-base do planejamento à medição da CAIXA, o nivelamento e redimensionamento das equipes de locação, fundações, alvenaria e estrutura.

A adequação da unidade-base às unidades de medição da CAIXA além de permitir melhor desempenho financeiro para empresa padronizava o planejamento da obra, melhorando seu acompanhamento e controle.

A equipe considerou que os serviços de locação, fundações, alvenaria e estrutura eram considerados críticos, pois interferiam no andamento dos demais serviços. A preocupação em redimensionar essas equipes era sanar os problemas de ritmo para a obra.

• 5ª Reunião

A quinta reunião contou com a participação dos mesmos integrantes da reunião anterior para a conclusão da revisão do planejamento.

Neste dia discutiu-se a forma de acompanhamento e controle da produção. O pesquisador fez uma apresentação de como isso poderia funcionar com o Sistema *Last Planner* e abordou a importância da

realização do planejamento de médio e curto prazo. Em seguida reforçou a necessidade de representar o planejamento através do método da linha de balanço.

- 6ª Reunião

Na sexta reunião participaram o diretor técnico, o engenheiro residente, o engenheiro de planejamento, o técnico de edificações e o pesquisador. O engenheiro de planejamento em conjunto com o planejador apresentaram as alterações no planejamento no programa *MSPProject* e anunciaram a representação da programação da obra através do método da linha de balanço. O intuito era o de simplificar a visualização da programação e facilitar o entendimento da estratégia de ataque por todos os envolvidos no processo produtivo.

Naquele momento estava ocorrendo um forte período de chuvas. Com isso, discutiram-se as implicações desse fenômeno para o início dos trabalhos de terraplenagem e conseqüentemente para o alcance das metas traçadas para o primeiro mês.

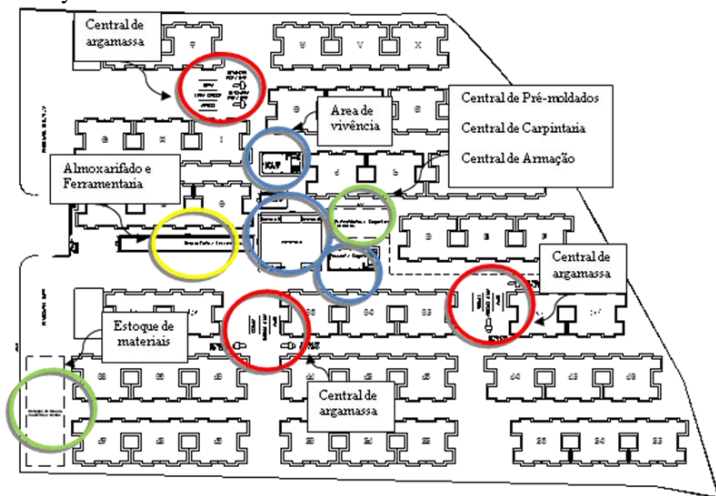
Os problemas ocasionados pelas chuvas também geraram a modificação da estratégia original de ataques aos blocos do empreendimento. Foi dada prioridade a execução dos platôs onde existirem cortes e aqueles que necessitam de pouca movimentação de materiais, isso porque a incerteza das condições de tempo e a saturação do material podiam acarretar no atraso da obra.

A reunião terminou com a programação da semana seguinte e com o lançamento das metas a serem alcançadas até a medição pela CAIXA. Após a descrição das reuniões, a pesquisa segue com a apresentação detalhada das decisões que formularam o projeto do sistema de produção inicial da obra.

6.2.2.1 Instalações da produção

As decisões inseridas nessa categoria foram o layout do canteiro com os seus setores: área de vivência e administrativa, local para estoque de materiais, centrais de argamassa, pré-moldados, carpintaria e armação. A figura 21 demonstra o layout inicial do canteiro escolhido pela equipe.

Figura 21 -Layout inicial do canteiro de obras.



Legenda:

- Central de argamassa
- Área de vivência
- Almoarifado e ferrmentaria
- Centrais de montagem e estoque de materiais

Fonte: elaborado pelo autor.

A área de vivência e administração da obra foi idealizada com a utilização de contêineres e estrutura metálica para os banheiros, sala técnica e refeitório. A estrutura escolhida apresentava várias vantagens, dentre elas: a fácil mobilização e desmobilização para reaproveitamento em outras obras, fácil adaptação a qualquer área de instalações provisórias, além de melhorar a qualidade de vida do ambiente de trabalho e a integração entre todos os envolvidos na produção. A figura 22 mostra as fotos da área de vivência instalada.

Figura 22 - Área de vivência da obra.



Fonte: elaborado pelo autor.

Outra decisão para as instalações da área de vivência foi a execução antecipada das áreas comuns do empreendimento (salão de festas) que seriam utilizadas como sala do setor pessoal, segurança e apoio aos mestres e encarregados.

O almoxarifado e ferramentaria, destinado à armazenagem e controle de todos os materiais, equipamentos e ferramentas da obra, foram idealizados em bloco cerâmico e cobertura de amianto numa área de aproximadamente 160,00 m². A decisão tomada nesse ambiente foi o aproveitamento de parte do muro de divisão dos dois empreendimentos para ser uma de suas paredes.

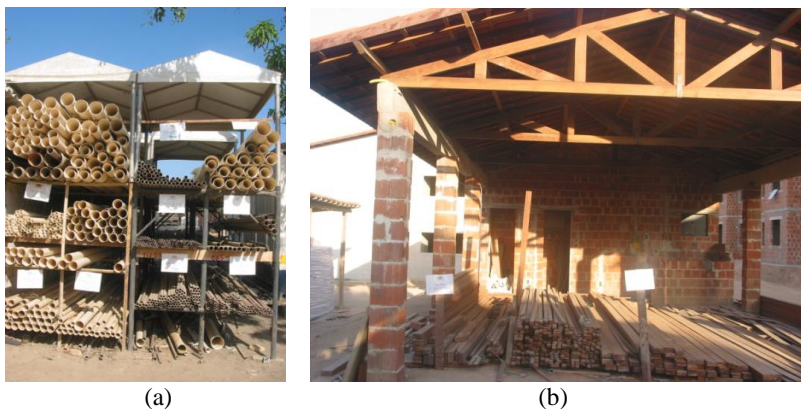
Quanto à armazenagem de materiais no campo (blocos cerâmicos, telhas e madeira) foi destinada uma área no canto inferior esquerdo da figura 21. A escolha do local iria aumentar o deslocamento de pessoas e materiais dentro do canteiro, ou seja, determinar um aumento nas atividades de fluxos e atividades que não agregam valor à produção. Além disso, muitos materiais ficariam distantes das áreas de manufatura, como a central de carpintaria, armação e pré-moldados.

Estas centrais foram idealizadas para a confecção de madeiramento para formas, aço para armação da estrutura de concreto, pré-moldados como vergas e contra-vergas em concreto e blocos cerâmicos especiais. Elas foram inicialmente concebidas no centro do canteiro numa mesma área. Contudo, a área escolhida não possuía espaço suficiente, dificultava o transporte e armazenamento dos insumos e dos materiais manufaturados.

Portanto, para melhorar as questões de fluxo dos insumos no canteiro e aumentar os espaços para as centrais de manufatura, o pesquisador sugeriu que deveriam separar cada tipo de material e indicar outros locais na área do canteiro. Como exemplo, a figura 23,

demonstra como foi concebida a organização dos tubos de PVC e do madeiramento para cobertura.

Figura 23 - Armazenagem dos insumos no canteiro.



Fonte: elaborado pelo autor.

6.2.2.2 Tecnologia dos processos

Nesta categoria foram verificadas as decisões que iriam auxiliar os processos produtivos no tocante às melhorias de produtividade, qualidade do produto final, redução do esforço físico dos envolvidos e desperdícios de materiais. Assim, estas foram divididas nos seguintes itens:

- a) máquinas e equipamentos para transporte;
- b) máquinas, equipamentos e ferramentas para a transformação da matéria-prima no produto final.

O transporte foi dividido em transporte horizontal e vertical. Dentre as máquinas e equipamentos para o transporte horizontal escolhidos nesta etapa destacam-se: a mini carregadeira (figura 24a), porta pallet (figura 24b), jericá e carro-de-mão.

Figura 24 -Principais tipos de transporte horizontal.



Fonte: elaborado pelo autor.

O transporte horizontal mais discutido para etapa de terraplenagem foi a mini carregadeira. Ela foi escolhida através da experiência em outras construtoras na execução desse mesmo tipo de empreendimento. A mini carregadeira reduz o tempo de transporte de argamassa e agregados em grandes distâncias, o esforço físico do operário e transporta mais material do que os equipamentos convencionais de transporte horizontal.

Outra motivação pela a sua escolha foi o forte período de chuvas que coincidiu com a etapa de terraplenagem e assim dificultava os acessos e a movimentação de equipamentos manuais.

O transporte vertical escolhido para a obra foi a mini grua (figura 25). A empresa utilizou essa tecnologia em experiências anteriores e verificou as suas vantagens de aplicação nessa obra.

Figura 25 - Tipo de transporte vertical escolhido para obra.



(a)

(b)

Fonte: elaborado pelo autor.

Através da mini grua foi possível transportar materiais tais como tijolos cerâmicos, argamassas, concreto e madeira para o pavimento superior em um menor tempo (redução do tempo de ciclo), esforço físico (simplificação pela redução do número de passos e partes) e em lotes com tamanho suficiente para a imediata utilização, sem necessitar de grandes estoques. Além disso, possibilitava maior segurança no transporte desses materiais, evitando inclusive o seu desperdício e quebras na movimentação. Por fim, depois dessas atribuições, pode-se dizer que a mini grua foi um exemplo aplicável da redução de atividades que não agregam valor.

A empresa possuía seis mini guas. Sendo assim, segundo a sequência lógica de trabalhos no ataque aos blocos, foi dimensionado um equipamento para cada platô (união de dois, três ou quatro blocos idênticos). A mini grua deveria ficar instalada até a etapa de execução da cobertura no platô e transferida para outro platô que tivesse na etapa de execução da laje do primeiro pavimento.

Por fim, para concluir as decisões sobre as tecnologias dos processos definiram-se as máquinas, equipamentos e ferramentas para auxiliar a transformação da matéria-prima em produto acabado. A equipe técnica da empresa destacou a utilização das betoneiras auto carregáveis, da peneira elétrica, do nível laser e do escantilhão.

A betoneira auto carregável (figura 26) devidamente instalada possibilita a redução do esforço físico do operário e do tempo destinado à elaboração dos traços de concretos e argamassas.

Figura 26 - Betoneira auto carregável.



Fonte: elaborado pelo autor.

A peneira elétrica (figura 27) apresenta várias vantagens de utilização, tais como: a melhoria da qualidade dos agregados empregados nas argamassas, o aumento da produtividade dos operários e a qualidade final do produto acabado (reboco e regularização de pisos).

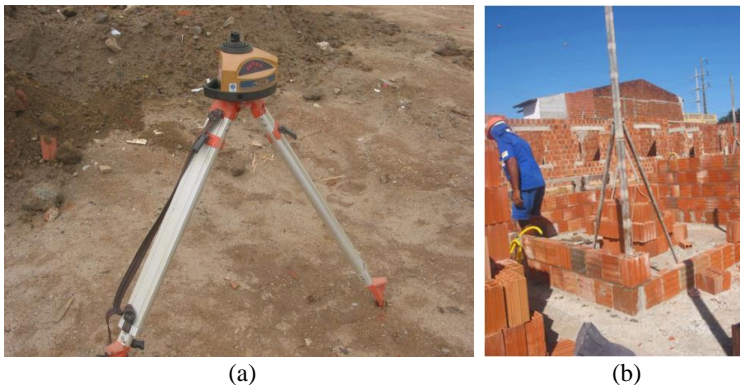
Figura 27 - Peneira elétrica.



Fonte: elaborado pelo autor.

Os equipamentos nível laser (figura 28a) e escantilhão (figura 28b) foram escolhidos para garantir confiabilidade e a qualidade do serviço. O nível laser era utilizado principalmente para a definição de cotas e níveis dos pisos. Já os escantilhões eram utilizados para definir o alinhamento e nível na elevação da alvenaria.

Figura 28 - Equipamentos para controle de qualidade do serviço.



Fonte: elaborado pelo autor.

6.2.2.3 Capacidade produtiva

A maioria das instalações provisórias, máquinas, equipamentos e ferramentas foram reaproveitados da obra anterior da empresa. Esta possuía o mesmo prazo de conclusão e quantidade de unidades habitacionais aproximada da obra em questão. Assim, não existiu um estudo detalhado pela equipe técnica sobre a capacidade de produção no que se refere aos itens mencionados.

O que mais preocupou quanto à capacidade de produção foi a contratação de mão-de-obra para o período dos trabalhos. Segundo a equipe técnica, existe um déficit de mão-de-obra qualificada no mercado da cidade, pois estavam sendo executadas simultaneamente muitas obras de grande porte e várias obras de EHIS. Isto absorvia a maior parte dessa mão-de-obra.

A atitude tomada a esse respeito foi de manter o setor de contratação alerta para captação da mão-de-obra dispensada de outras obras quando o contrato de um determinado serviço estivesse concluído.

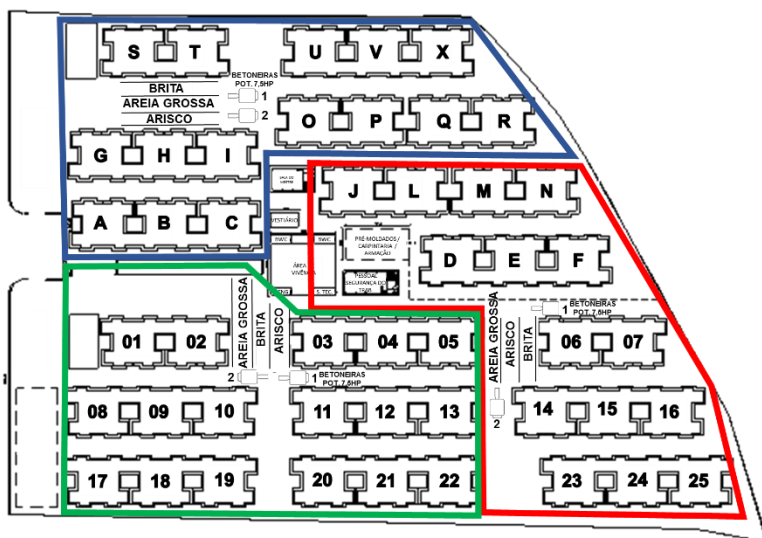
Esses trabalhadores seriam contratados para desenvolverem o mesmo serviço na obra.

Outras decisões nessa etapa foram a localização, dimensionamento e zoneamento de abastecimento das centrais de argamassa. O dimensionamento das centrais para atender a demanda da obra foi estudado sobre o aspecto da logística de canteiro e do número de blocos a serem abastecidos por uma betoneira. Não foi utilizado qualquer dado sobre capacidade diária de produção de uma betoneira.

Segundo a equipe técnica, no decorrer da obra, de acordo com a estratégia de ataque aos blocos, essas centrais serão avaliadas sobre o aspecto da data necessária para instalação da betoneira, tempo necessário para permanência da central, deslocamento para outro ponto crítico de abastecimento e data para a desativação da central.

Quanto à localização, as centrais foram dispostas em áreas que permitiam as manobras de caminhões para abastecimento das baias e redução do esforço físico dos operários que transportam matérias-primas das baias até a betoneira. A localização também permitiu o zoneamento adequado de abastecimento dos blocos como mostra a figura 29.

Figura 29 - Zoneamento das centrais de abastecimento da obra.



Fonte: elaborado pelo autor.

A escolha do zoneamento para abastecimento das centrais de argamassa deveria permitir tanto melhorias nas questões de fluxo dentro do canteiro, quanto melhor utilização da capacidade produtiva da central de argamassa.

6.2.2.4 Fluxos no canteiro de obras

Os pontos verificados neste subitem foram: os acessos para a realização do transporte horizontal e vertical, localização e layout das centrais de argamassa, localização da armazenagem dos suprimentos, localização e disposição da área de vivência no canteiro, além do deslocamento dos trabalhadores no empreendimento segundo a estratégia de ataque aos blocos.

O início da obra coincidiu com um forte período de chuvas e isto induziu o debate sobre a melhoria e manutenção constante dos acessos para o transporte horizontal. A movimentação contínua de caçambas para a terraplenagem, os caminhões para abastecimento de suprimentos para a obra e o transporte manual de argamassas no interior do canteiro estavam diretamente envolvidos com o problema.

A escolha do mini carregadeira para este primeiro momento da obra foi a solução para a questão levantada anteriormente, pois este serviria tanto para a manutenção e conservação das vias como para o transporte de argamassas até os postos de trabalho.

O deslocamento dos trabalhadores ao longo do empreendimento segundo a estratégia de ataque era ainda uma dúvida de acordo com sala técnica, pois ainda estava difícil identificar as áreas mais propícias para trabalho durante o período de chuvas.

6.2.2.5 Projeto do produto

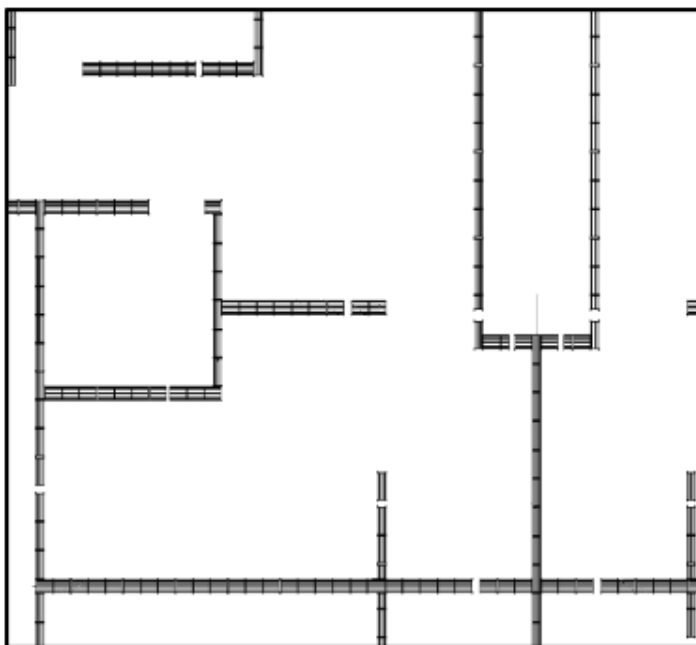
Os projetos do empreendimento já eram definidos previamente pelo órgão financiador. O projeto era chamado pela CAIXA de projeto referência, onde todas as características da unidade habitacional, especificações e métodos construtivos estavam padronizados.

Coube a empresa nesta etapa de decisões fazer a compatibilização entre todos os projetos (instalações elétricas, instalações hidrossanitárias, estrutural e arquitetura). A intenção foi identificar possíveis falhas e oportunidades de melhorias na execução dos serviços, sem comprometer as características pré-definidas pelo projeto.

O engenheiro residente juntamente com o técnico de edificações e o pesquisador desenvolveram novos projetos compatibilizados para distribuí-los ao campo.

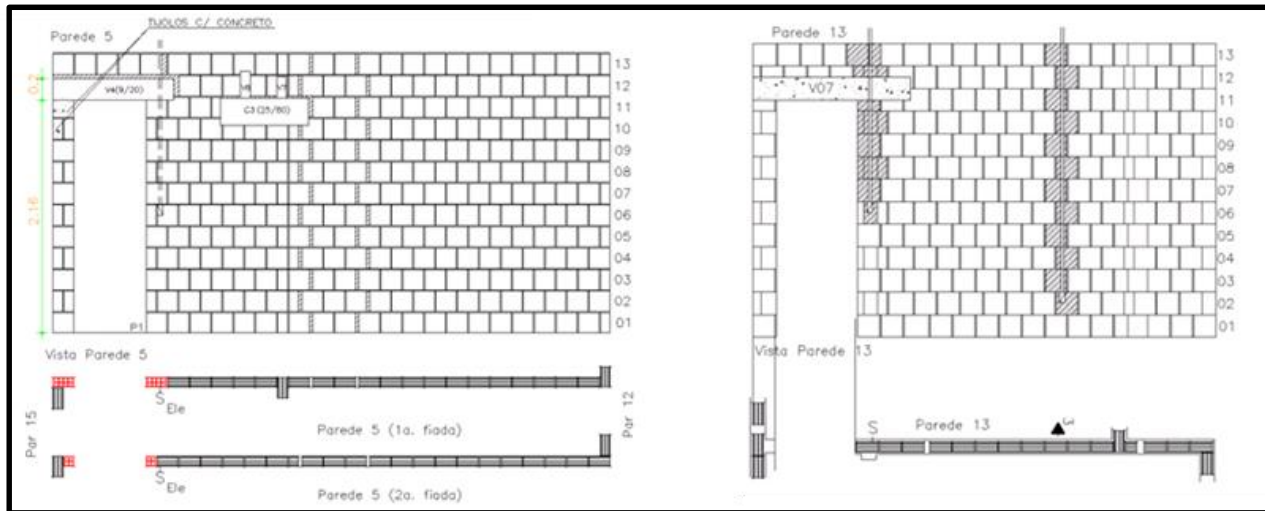
O projeto de arquitetura foi modificado para facilitar o processo de locação da obra. Inicialmente, o projeto possuía a espessura de suas paredes com blocos cerâmicos diferentes do especificado pelo memorial. Assim, foi desenvolvido um projeto de paginação da alvenaria com o bloco cerâmico escolhido para obra, cotando as novas dimensões dos ambientes para uma locação mais confiável e transparente (figura 30). No projeto de paginação também foi desenvolvido a vista frontal de cada parede, que constava principalmente a localização de peças pré-moldadas de concreto, locação de caixas elétricas e caminhamento da tubulação elétrica embutida dentro da alvenaria (figura 31).

Figura 30 - Planta baixa do projeto de paginação da alvenaria.



Fonte: arquivo de projetos da equipe técnica da obra.

Figura 31 - Vista frontal do projeto de paginação da alvenaria.



Fonte: arquivo de projetos da equipe técnica da obra.

Nos projetos de instalações elétricas e hidrossanitárias a equipe técnica alterou desde a infraestrutura até a unidade habitacional. Na infraestrutura se modificou a localização das caixas de inspeção, que estavam muitas vezes situadas na entrada dos blocos e com suas tubulações cruzando outras caixas de inspeção.

Sobre as instalações elétricas na unidade habitacional, as caixas 4x2 e 4x4 foram deslocadas para posições que seguissem o projeto de paginação da alvenaria. Como exemplo, a figura 7.13 demonstra in-loco a execução de uma das paredes deste projeto. Observa-se o aproveitamento integral dos blocos cerâmicos, com mínimo de perdas e ausência de retrabalho no processo.

Figura 32 - Exemplo em campo da compatibilização de projetos.



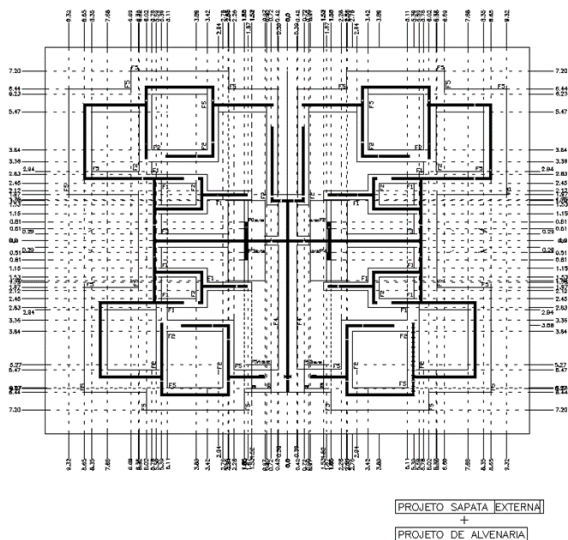
Fonte: elaborado pelo autor.

6.2.2.6 Projeto de processos

A equipe técnica da obra desenvolveu além da modificação nos projetos oficiais, alguns projetos de processos para produção, dentre eles: os projetos de locação, paginação da alvenaria e planos de corte para a produção de treliças pré-moldadas e paginação do piso cerâmico no apartamento.

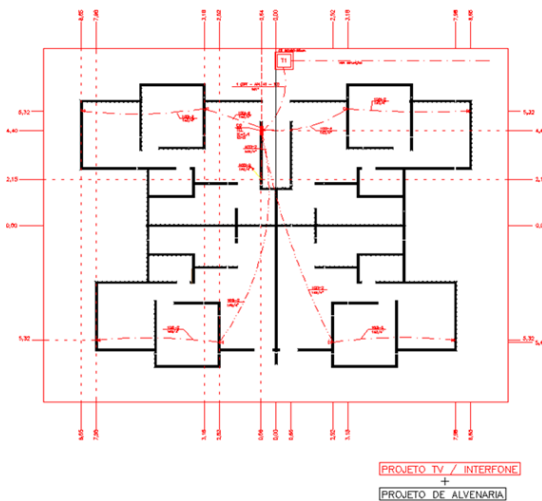
O projeto de locação definia segundo os eixos principais do pavimento todas as cotas para os elementos dos projetos de estrutura, arquitetura e instalações que ficavam embutidas na estrutura e alvenaria. Exemplos podem ser verificados nas figuras 33, 34 e 35. Eles seriam entregues as equipes de produção em material plastificado para facilitar o manuseio e a durabilidade em campo.

Figura 33 - Projeto de locação da sapata externa.



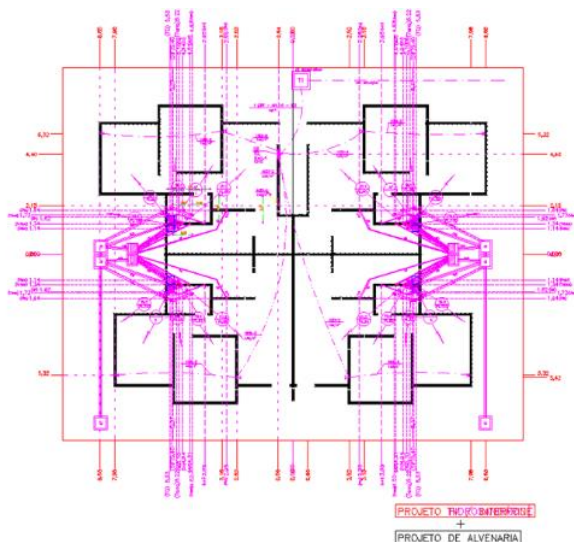
Fonte: arquivo de projetos da equipe técnica da obra.

Figura 34 - Projeto de locação dos pontos de TV e interfone.



Fonte: arquivo de projetos da equipe técnica da obra.

Figura 35 - Projeto de locação das instalações de esgoto.



Fonte: arquivo de projetos da equipe técnica da obra.

Os projetos executivos de locação auxiliam dentre outras coisas: a orientação de cada equipe envolvida no processo, a verificação da inexistência de interferência entre os projetos, a transparência do processo e a padronização de todas as unidades habitacionais.

Outro projeto idealizado foi o de fabricação das treliças pré-moldadas em concreto. Esse sistema de produção foi o escolhido pela gerência da empresa para a execução das lajes do primeiro pavimento. Sua escolha foi induzida pela avaliação que este seria o sistema de menor custo e maior produtividade.

O dimensionamento do corte das treliças considerava o tamanho dos vãos, o posicionamento e a quantidade das treliças do projeto de estrutura. O material era comercializado em varão de doze metros de comprimento. Sendo assim, o plano de corte foi desenvolvido utilizando o programa computacional *MSExcels* e desejava alcançar a menor perda possível do material utilizado na execução de um bloco. Depois de algumas interações a equipe técnica conseguiu alcançar uma perda de 0,5% do aço utilizado para cada bloco.

O plano de corte desenvolvido, além de reduzir o desperdício do material, possibilitava a formação de lotes de produção, pois os mesmos eram cortados para execução da laje de um bloco. Assim, seriam feitas

programações de corte e enchimento das treliças de acordo com a programação das concretagens das lajes dos blocos, obedecendo ao tempo necessário para a cura das treliças.

Como mencionado anteriormente, a equipe técnica idealizou o projeto de paginação da alvenaria. Este continha o posicionamento dos pré-moldados de concreto, localização dos blocos especiais como armadores, caixas 4x2 e 4x4 das instalações elétricas e telefônicas, além do caminhamento das tubulações embutidas nas alvenarias.

No projeto de paginação todas as instalações deveriam ser embutidas no processo de elevação da alvenaria. Além disso, as vergas pré-moldadas seriam fabricadas já com as passagens da tubulação.

Os blocos especiais foram elaborados pelo fornecedor de blocos cerâmicos através de uma parceria com a empresa construtora. Estes blocos eram cortados antes do cozimento da cerâmica nas diversas posições existentes para atender à necessidade do projeto, como mostra a figura 36.

Figura 36 - Blocos especiais de tijolo cerâmico.



(a)

(b)

Fonte: elaborado pelo autor.

Estes blocos eram manufaturados em uma central de pré-moldados e fornecidos em lotes na quantidade suficiente para cada unidade habitacional pela equipe de abastecimento na etapa de elevação da alvenaria.

Os pedreiros que constituíam as equipes de elevação de alvenaria eram os responsáveis pelo assentamento dos blocos especiais e da colocação das tubulações embutidas na parede. Apenas um eletricista iria supervisionar todas as equipes de alvenaria.

6.2.2.7 Planejamento da produção

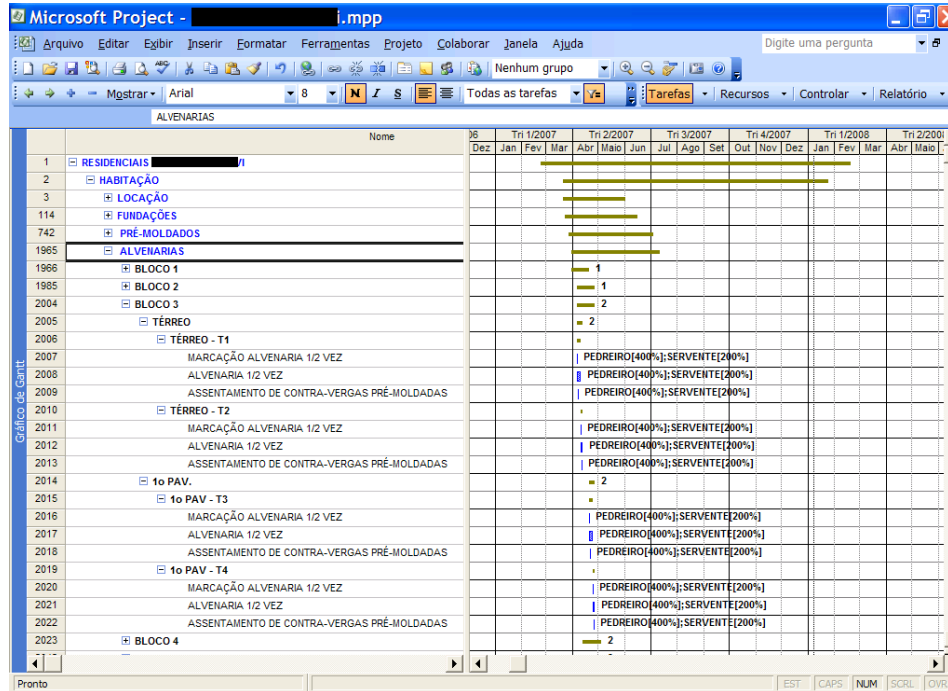
Nesta seção apresenta-se o diagnóstico realizado para planejamento da obra, bem como os pontos de melhoria e as decisões que estruturaram a programação de longo prazo do empreendimento na etapa de PSP. Em suma, identificou-se, avaliou-se e propuseram-se mudanças no planejamento de acordo com o escopo de decisões para elaboração do PSP proposto por Schramm (2004).

O engenheiro de planejamento havia preparado a programação da obra utilizando o programa computacional *MSPProject*. Conforme análise do pesquisador se verificou que suas atividades estavam segmentadas no nível mais elevado de detalhamento. A figura 37 demonstra, como exemplo, a explosão em cada nível definido para programação do serviço de elevação da alvenaria.

O arranjo da programação gerava dificuldades de entendimento na manipulação dos dados, no sequenciamento dos serviços e na estratégia de ataque adotada para a execução do empreendimento. A equipe técnica da obra e a diretoria não conseguiam realizar o acompanhamento adequado dos resultados alcançados pela produção, devido à falta de transparência e ao desconhecimento na manipulação do programa utilizado.

Como pode ser visto na figura 37, foi escolhida a junção de dois apartamentos para definir a unidade-base para o planejamento. Sendo cada pavimento compostos por quatro apartamentos, dessa maneira, um bloco era composto por quatro unidades-base (duas no térreo e duas no primeiro pavimento).

Figura 37 - Níveis da programação inicial.



Fonte: arquivo da equipe técnica da empresa.

A sequência definida para as atividades na unidade-base foi idealizada de acordo com o esquema da figura 38.

Figura 38 - Sequência de serviços na unidade-base.



Fonte: arquivo da equipe técnica da empresa.

Na figura se observa o grau de detalhamento dos serviços elencados para unidade-base, ou seja, foram escolhidas muitas atividades para fazer parte da definição do planejamento de longo prazo. Além disso, como demonstrado pela figura 37, a programação ainda estava mais segmentada dentro de cada atividade.

Nas precedências idealizadas pelo engenheiro de planejamento também se pode verificar alguns pontos de melhoria. Como exemplo: a impermeabilização das áreas estava indicada antes das instalações hidráulicas e sanitárias; a atividade de forro de PVC poderia ser executada antes da pintura interna; a etapa de aplicação das esquadrias de madeira poderia ser antecipada para depois da cerâmica.

Os índices de produtividade utilizados para a elaboração da programação foram retirados de apropriações realizadas pela empresa em obras anteriores, experiência do engenheiro residente e do mestre de obra, além de planilhas da TCPO (Tabelas de Composições de Preços Orçamentários). Deste modo, havia um embasamento coerente para o dimensionamento da capacidade de produtiva da mão-de-obra. Assim, o

número e o tamanho de cada equipe estavam dimensionados de acordo com o tempo previsto para cada serviço e o seu índice de produtividade.

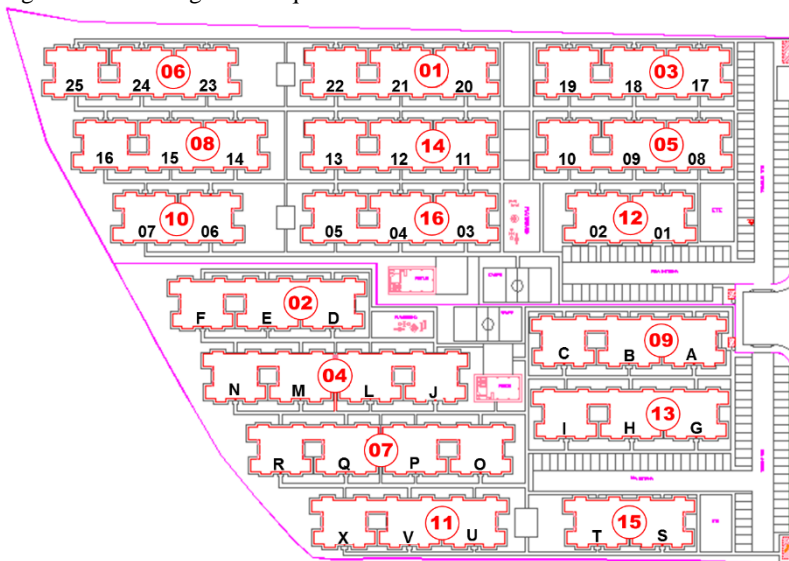
Entretanto, a programação idealizada não estudou satisfatoriamente reaproveitamento das equipes em serviços posteriores, ou seja, existia um levantamento superestimado e um inadequado aproveitamento da mão-de-obra necessária. Atitudes como adiantar ou atrasar o início de alguma atividade poderiam solucionar este problema.

Outro ponto importante verificado neste subitem de planejamento da produção foi a questão dos fluxos de serviços na unidade-base. A programação idealizada não contemplava a existência de *buffers* (folgas) entre as atividades, assim, tão logo uma equipe finalizava um determinado serviço, outra equipe de uma tarefa sucessora entraria na unidade base para a execução de sua atividade. Essa atitude impedia o ritmo natural dos serviços, pois gerava paradas de mão-de-obra por sobreposição de atividades.

Sobre a estratégia de ataque ao empreendimento verificou-se qual seria o melhor plano a ser traçado para os 47 blocos dos dois contratos. A figura 39 demonstra a intenção do planejador.

Os números em vermelho representam a sequência de ataque, que visualmente não indicavam uma sequência lógica entre blocos próximos. Segundo o engenheiro de planejamento, essa estratégia foi escolhida por dois motivos. Primeiramente, ela foi baseada no andamento da atividade de terraplenagem dos blocos. Isto porque a obra teve início no período chuvoso, então eram escolhidos os platôs (união de vários blocos vizinhos) com melhores condições de executar a terraplenagem. Em segundo lugar, existia a necessidade de atacar os dois contratos simultaneamente, pois possuíam o mesmo prazo para conclusão da obra

Figura 39 - Estratégia de ataque aos blocos.



Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, não existia uma forma organizada para a etapa de acompanhamento e controle do que foi programado. A equipe técnica da empresa havia recebido uma consultoria durante a obra anterior sobre o modelo de Planejamento e Controle da Produção proposto por Bernardes (2001), mas a equipe de engenheiros havia sido alterada na presente obra. Dessa forma, a nova equipe ainda não havia sistematizado a forma de como a obra seria acompanhada e controlada nos níveis de longo, médio e curto prazo.

Após identificar os pontos para melhorar o planejamento de longo prazo, o pesquisador sugeriu a concepção da programação através da técnica da linha de balanço. Além disso, indicou que para seu acompanhamento seria realizado o modelo de PCP proposto por Bernardes (2001). A proposta foi aceita pelo diretor técnico e pelo engenheiro de planejamento.

A partir de então, o pesquisador idealizou e desenvolveu um treinamento para envolvidos sobre as duas técnicas escolhidas. Em especial, as orientações foram direcionadas ao engenheiro de planejamento, pois o mesmo iria auxiliar o pesquisador na elaboração da linha de balanço.

Na concepção da programação da obra pela LOB se utilizou os mesmos dados de produtividade da técnica anterior. Uma nova sequência de serviços da unidade-base foi definida, indicando-se apenas os relevantes em nível de planejamento estratégico (figura 40). Os demais detalhamentos seriam elaborados na fase de planejamento de médio e curto prazo durante o período de execução.

Figura 40 - Nova sequência de serviços para a unidade-base.



Fonte: elaborado pelo autor.

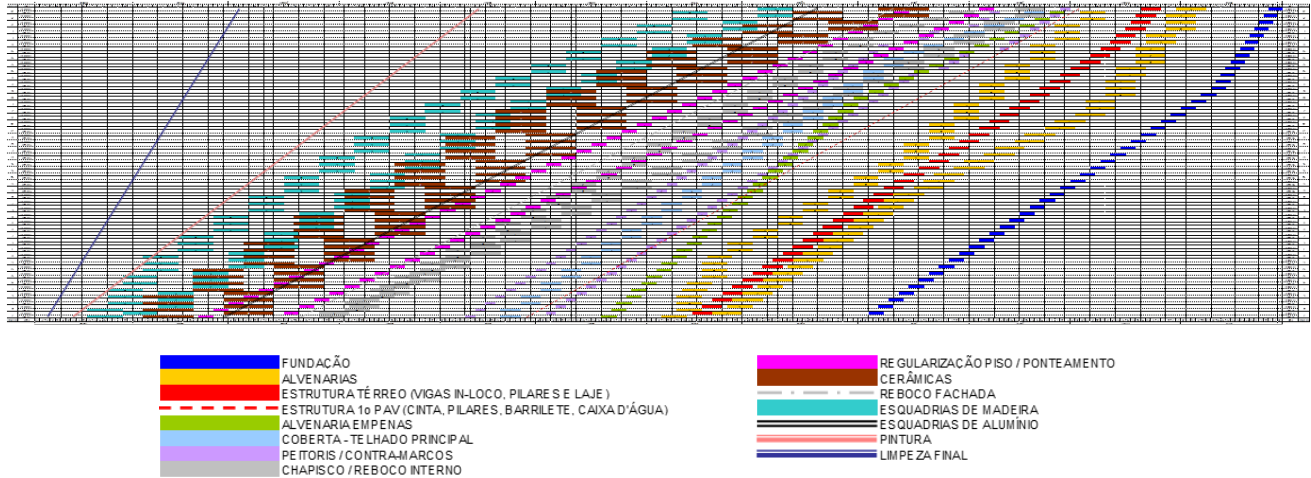
A unidade-base foi redefinida para PAVIMENTO, pois correspondeu a melhor forma de representação na linha de balanço. No planejamento de médio e curto prazo, essa unidade-base seria segmentada em módulos menores de produção, ao exemplo da elevação de alvenaria que utilizaria para essa programação o módulo constituído por dois apartamentos.

A estratégia de ataque ao empreendimento foi conservada da forma definida anteriormente. Sua concepção levou em consideração as prioridades financeiras da empresa, as condições locais e meteorológicas do período.

O próximo passo tratou de definir as datas marco para início e fim das atividades, o ritmo de produção e conseqüentemente a determinação da capacidade de produtiva (número de equipes) de cada tarefa.

A figura 41 apresenta a representação gráfica da linha de balanço proposta para o planejamento. O eixo da abcissa corresponde ao tempo e da ordenada ao local de trabalho. As linhas e barras em cores distintas equivalem aos serviços definidos para unidade-base.

Figura 41 - Linha de balanço para o planejamento da obra,



Fonte: elaborado pelo autor.

Com base em seu esboço era possível visualizar o ritmo de produção, o número de equipes de cada serviço, bem como o fluxo de trabalho dessas equipes no empreendimento. Igualmente, diversas considerações também podiam ser observadas nesse planejamento.

O ritmo de produção de alguns serviços muda no decorrer do tempo, como era o caso das fundações, alvenaria, coberta e cerâmica. Intuito foi adiantar a conclusão de algumas unidades base para que fosse capaz de antecipar o início de novos serviços. Em determinado período, a quantidade de equipes seriam alteradas e o ritmo modificado.

Também pode ser observada a existência de uma grade folga de tempo entre o início do serviço de fundações e o de elevação de alvenaria. Este caso ocorreu como consequência do período de chuvas que forçou o atraso da atividade de alvenaria.

Outros buffers podiam ser verificados durante toda a programação da obra. A intenção foi concebê-los com a finalidade de: abranger as incertezas inerentes ao processo de planejamento; cobrir contratemplos ocasionais de execução; evitar sobreposição de serviços e processos críticos; nivelar recursos de produção (mão-de-obra e materiais); manter um fluxo financeiro de medições.

O dimensionamento das frentes de serviço foi planejado cuidadosamente. O Quadro 3 apresenta um trecho do estudo, que destaca os serviços de infraestrutura, fundações e alvenaria. As frentes de serviços foram detalhadas quanto às atividades auxiliares, o método construtivo, a formação da equipe, bem como as características e a duração do módulo. A coluna sobre os valores a serem pagos à equipe pela conclusão do módulo seria preenchida posteriormente, após análise da equipe técnica da obra.

No método construtivo detalharam-se todas as etapas envolvidas nas atividades. No caso da alvenaria de elevação, o conjunto dessas etapas caracterizou a criação de uma célula de produção. Esta era composta por quatro pedreiros e dois serventes. Durante o serviço de elevação dos blocos cerâmicos, a equipe também se responsabilizaria pelo assentamento dos blocos especiais de instalações e armadores de rede, citado no subitem 6.2.2.6, passagem dos eletrodutos, blocos calha para cinta de concreto, além das vergas e contra vergas de concreto.

Muitos benefícios foram alcançados com o uso de células de produção, sobretudo, ganhos de produtividade com sua flexibilidade, redução de custos e do tempo de atravessamento entre os processos. Ainda assim, o trabalho em grupo resultou em ganho de motivação dos operários, pois existiram vantagens financeiras vinculadas ao procedimento.

Quadro 3 - Dimensionamento das frentes de serviço.

Frentes de Serviço	Atividades	Método Construtivo	Equipe	Módulo	Quant por módulo	Unidade	Duração por módulo (dias)	Valor por módulo (R\$)
Infra-Estrutura	Escavação de Valas	Escavação manual de valas com uso de picareta, chibanca e pá - profundidade: 30cm	8S	Bloco	37,38	M3	2,00	
	Alvenaria de Contorno	Alvenaria de 1 vez em tijolo cerâmico 9x19x19cm com argamassa 1:6:2 - altura: 3 fiadas	2P+1S	Bloco	33,60	M2	1,00	
Fundação	Sapatas	Fundação em concreto armado 20 MPa dos tipos sapata simples e sapata corrida com uso de formas de madeira taipá.	2P+3C+3F+6S	Bloco	12,93	M3	3,00	
	Lastro de Concreto Magro	Lastro de concreto magro 1:XX aplicado sobre camada compactada manualmente de 2cm de pó de pedra - altura: 3 cm	1P+3S	Bloco	3,96	M3	2,00	
Alvenaria	Marcação de 1a Fiada	Marcação da 1a fiada de alvenaria com a utilização de nível de mangueira, fio de prumo e escantilhões.	2P+1S	Bloco	71,40	M	1,00	
	Elevação de Alvenaria Téreo	Alvenaria de 1/2 vez em tijolo cerâmico 9x19x19cm com argamassa 1:6:2 e auxílio de escantilhões. Utilização de tijolos com armadores e caixas de PVC já assentados, passagem de eletrodutos por dentro dos alvéolos da alvenaria e assentamento de contravergas, vergas e colchões pré-moldados.	4P+2S	2 apto	200,20	M2	6,00	
	Elevação de Alvenaria 1o Pav.	Alvenaria de 1/2 vez em tijolo cerâmico 9x19x19cm com argamassa 1:6:2 e auxílio de escantilhões. Utilização de tijolos com armadores e caixas de PVC já assentados, passagem de eletrodutos por dentro dos alvéolos da alvenaria e assentamento de contravergas e colchões pré-moldados e tijolo calha 9x12x19cm para cinta de concreto.	4P+2S	2 apto	186,24	M2	5,00	

Fonte: elaborado pelo autor.

Por fim, a linha de balanço criada balizava a definição dos planejamentos de médio e curto alcance. No médio prazo foi sugerido que a obra trabalhasse com a cobertura de um mês de planejamento, pois esse período coincidia com o tempo para as medições da obra pela CAIXA. As atividades nesse nível de planejamento seriam detalhadas de acordo com a planilha de pagamento do referido órgão. Por consequência, a administração era capaz de prever os recursos financeiros da empresa naquele mês, programar as suas despesas e a lucratividade.

O planejamento de curto prazo foi previsto para acontecer semanalmente. Neste o nível de detalhe das atividades seria mais segmentado, ou seja, deveriam estar especificados quais serviços, os locais, as quantidades dos módulos, as equipes de trabalho e os encarregados responsáveis para concluí-los no período de uma semana. As reuniões para sua formatação aconteceriam em um dia especificado pelo engenheiro residente, sendo necessária também a participação do mestre de obras, dos encarregados de equipes e dos técnicos.

6.2.2.8 Integração vertical e terceirização de processos

A decisão de integrar ou não verticalmente determinados processos na obra também foi foco na elaboração do PSP. As características do empreendimento, o grau de especialização necessária para executar alguns serviços, a dificuldade de contratação de mão-de-obra e o interesse em reduzir custos do processo de produção foram os principais fatores citados pelo diretor técnico para definir a escolha por processos a serem terceirizados ou realizados na obra.

A execução desse tipo de empreendimento caracterizava a existência de diversos processos de produção. Podia-se citar neste caso, desde a realização do corte de dobra do aço, montagem e aplicação de formas de madeira até a execução dos serviços propriamente ditos na obra (alvenaria, instalações, cobertura, forro e pintura, por exemplo).

A empresa optou, em alguns destes casos, pela terceirização de processos com base em sua experiência, bem como pensando na estratégia de redução de custo de produção. Isso porque, com a subcontratação seria possível reduzir a quantidade de mão-de-obra direta e de responsabilidade da empresa, além de contratar trabalho especializado que garantisse a qualidade final dos serviços.

Outro fator preponderante para a terceirização dos processos foi a dificuldade de contratar mão-de obra. Isto ocasionado tanto pela escarcas no mercado, quanto pela especialização necessária para executar determinados serviços.

Dentre os processos terceirizados escolhidos pela empresa na etapa de PSP pode-se destacar:

- corte, dobra e montagem de armação;
- execução e montagem de formas para estrutura de concreto;
- instalações elétricas, telefônicas e hidrossanitárias;
- impermeabilizações;
- cobertura em estrutura de madeira e telha cerâmica colonial;
- esquadrias de madeira;
- esquadrias metálicas;
- forro de PVC;
- pintura interna e externa;
- limpeza final.

Na maioria desses serviços, a equipe da obra deu a preferência a empreiteiros que já executaram outras obras da empresa. A razão para esta decisão foi a confiabilidade e a parceria formada durante o tempo entre as partes.

Por outro lado, existiram também processos que a empresa optou pela integração vertical. Ou seja, formaram-se equipes de produção na obra que fabricavam materiais ou peças, não sendo necessária a compra desses suprimentos. Foi o caso das treliças de concreto, onde a empresa adquiriu a treliça de aço e confeccionou todas as bases de concreto de acordo o projeto de corte mencionado no subitem 6.2.2.6.

Outro caso de integração vertical foi a confecção de módulos de instalações sanitárias e hidráulicas para banheiros, cozinha e área de serviço. Existia uma central de fabricação na obra, onde estes módulos eram montados com os tamanhos e conexões definidos em projeto específico criado pela equipe técnica. Assim, o bombeiro hidráulico com o módulo montado previamente fez apenas as montagens finais das conexões nas áreas frias.

Os blocos especiais citados no subitem 6.2.2.6 também um foi caso de integração vertical idealizada para obra. Apesar de adquirir os blocos já cortados pelo fornecedor, existiu uma central de colagem das caixas de instalações elétricas e as equipes de elevação de alvenaria foram os responsáveis pela aplicação das mesmas. Dessa maneira, o electricista assumia o serviço a partir da etapa de cabeamento elétrico.

6.2.2.9 Sistema de suprimentos

O sistema de suprimentos abrangeu as decisões que envolvia o abastecimento da obra e equipes de trabalho. Essas decisões iam desde

negociação no momento da compra até a forma de como os postos de trabalho eram abastecidos com os materiais necessários.

Na obra, a necessidade de suprimento iniciava-se no próprio canteiro, onde o engenheiro quantificava a necessidade de material programado para um determinado período. O material era solicitado pela obra através de um programa computacional específico. O sistema de compra no escritório recebia as informações da obra, realizava pesquisas de preços (mínimo de três fornecedores), fazia o pedido e negociava a entrega na obra.

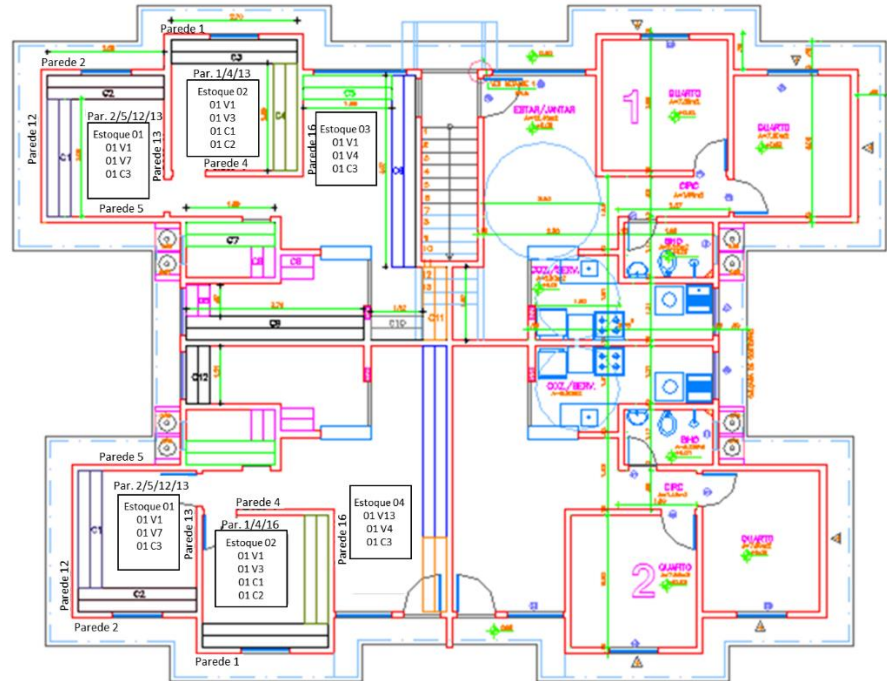
O empreendimento caracterizava-se por apresentar um grande volume de insumos a serem comprados, o que facilitou o poder de negociação junto aos fornecedores. Pensando nisso, a empresa fez parte de um grupo formado por conjunto de empresas que construía para o mesmo programa. Esse grupo recebeu apoio do SINDUSCON/CE para que as empresas participantes trocassem experiências entre si e discutissem com os fornecedores as melhores condições para o fornecimento dos seus produtos com melhores condições e preços.

Segundo a compradora da empresa, o grupo reunia-se semanalmente. As empresas eram representadas por seus compradores, que a cada reunião debatiam sobre um material de interesse (cimento, agregados, esquadrias de madeira e alumínio, louças e metais sanitários). Os fornecedores do material que compareciam às reuniões demonstravam as vantagens de seus produtos. Logo após, os compradores discutiam e escolhiam aquele que atendiam as necessidades da obra e empresa.

Na obra, os materiais eram armazenados conforme sua forma de proteção e fornecidos às equipes de trabalho quando requisitados pelo mestre ou encarregados ao almoxarife. Os recibos de requisição de material serviam para controlar o estoque através de um programa computacional específico.

Devido ao grande tamanho da obra e número de equipes de trabalho, a sala técnica desenvolveu uma forma de abastecimento dos postos de trabalho com a finalidade de manter o canteiro sempre abastecido. Foi decidido que existiriam equipes unicamente responsáveis pelo abastecimento. Para cada atividade de produção seriam desenvolvidos lotes de materiais necessários para fazer um módulo do serviço (pavimento, apartamento). Em posse dessas quantidades, as equipes de abastecimento já deixariam o local abastecido antes da entrada da equipe de trabalho. A figura 42 e o quadro 4 demonstram a planta e as informações fornecidas à equipe de abastecimento com a indicação do lote de materiais para estocagem em cada ambiente do apartamento necessários na execução da elevação de alvenaria.

Figura 42 – Projeto do abastecimento da etapa de alvenaria.



PLANTA DE ESTOQUE

Fonte: arquivo de projetos da equipe técnica da obra.

Quadro 4 - Orientações para as equipes de abastecimento.

Estoque		Alv 01(até a 6ª fiada)										
		Bloco	1/2 Bloco	Col.janela	Viga	4x2-D	4x2-E	4x2-C	4x2-Int.	4x4-D	4x4-E	Bl c/ armador
Apto 01	Estoque 01(3F)	295	12	2	V1/V7/C3	1	1	-	-	1	-	
	Estoque 02(2F)	214	10	2	V1/V3/C1/C2	1*	-	1*	-	1	-	
	Estoque 03(4F)	622	44	6	V04/V13/C5	1*/1	3*/5	-	1	-	-	
	Total	1.131	66	10		2*/2	3*/6	1*	1	2	0	
Apto 02	Estoque 01(3F)	295	12	2	V1/V7/C3	-	2	1	-	1	-	
	Estoque 02(2F)	214	10	2	V1/V3/C1/C2	1*	1*/1	-	-	-	1	
	Estoque 04(4F)	745	44	6	V04/C5	3*/2	1*/1	-	1	-	-	
	Total	1254	66	10	0	4*/2	2*/4	1	1	1	1	
Estoque		Alv 02(até a 13ª fiada)										
		Bloco	1/2 Bloco	Col.janela	Viga	4x2-D	4x2-E	4x2-C	4x2-Int.	4x4-D	4x4-E	Bl c/ armador
Apto 01	Estoque 01(3F)	374	32	2	V1/V7/C3	-	-	-	-	-	-	4
	Estoque 02(2F)	217	10	2	V1/V3/C1/C2	-	-	-	-	-	-	3
	Estoque 03(3F)	419	54	6	V04/V13/C5	1	-	-	-	-	-	1
	Total	1.010	126	10		1	0	0	0	0	0	8
Apto 02	Estoque 01(3F)	374	32	2	V1/V7/C3	-	-	-	-	-	-	4
	Estoque 02(2F)	217	10	2	V1/V3/C1/C2	-	-	-	-	-	-	3
	Estoque 04(4F)	612	58	6	V04/C5	-	-	1*	-	-	-	1
	Total	1203	130	10	0	0	0	1*	0	0	0	8

OBS: * SIGNIFICA CAIXA DUPLA

Fonte: arquivo da equipe técnica obra.

Outras questões intimamente ligadas à gestão de suprimentos foram tratadas no subitem 6.2.2.1, quando se referiu a adequação de áreas para armazenar e distribuir os insumos da obra, bem como no subitem 6.2.2.2, quando se tratou da definição de tipos de transporte para a realização do abastecimento das equipes de produção.

6.2.2.10 Gestão dos recursos humanos

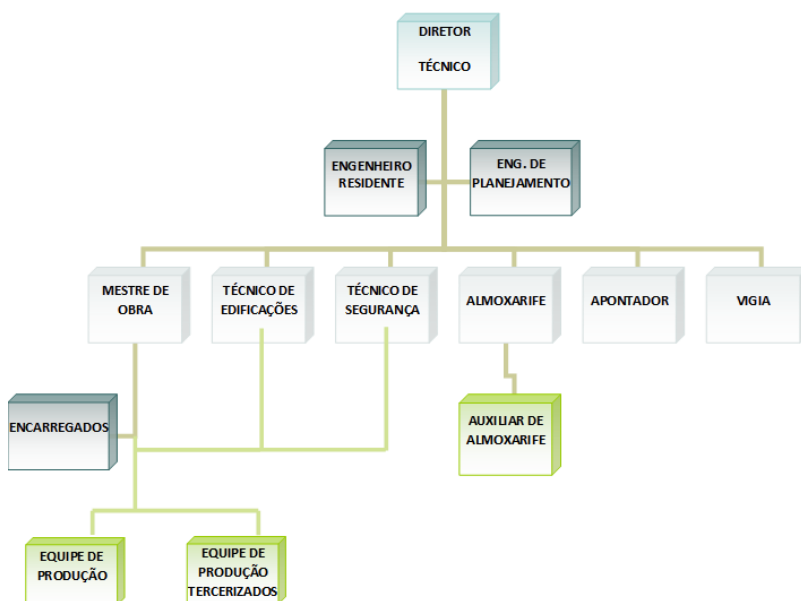
Na elaboração do PSP, as decisões a respeito do desenvolvimento dos recursos humanos também foram evidenciadas. A equipe da obra e o pesquisador ampliou a discussão sobre a reformulação do organograma da obra, das atribuições dos envolvidos, dos incentivos para produção, do plano de cargo e salários, dos treinamentos e dos requisitos para contratação da mão-de-obra.

O organograma apresentado pela empresa para a administração da obra foi gerado no período da implantação do sistema de qualidade (PBQP-H nível C). Entretanto, este não representava a conformação real das subordinções das funções naquele momento. Na realidade, o diretor técnico era o primeiro na escala do organograma. Estava subordinado a ele, o engenheiro residente como sendo gestor de todos os processos da produção e o engenheiro de planejamento, que trabalhava no escritório

central gerando, alimentando e adequando os planos para a produção em conjunto com o engenheiro residente. No próximo nível de subordinação estavam os técnicos de edificações, o técnico de segurança, o mestre de obras, o almoxarife, o apontador e a equipe de vigilância da obra. O mestre e encarregados comandavam diretamente as equipes de produção, tendo estes também algumas atribuições subordinadas aos técnicos de edificações e de segurança.

A figura 43 apresenta o organograma que representava a realidade na obra no momento do diagnóstico inicial.

Figura 43 - Organograma real da obra.



Fonte: elaborado pelo autor.

De acordo com o organograma, cada funcionário deveria possuir suas atribuições a fim de desempenhar suas atividades de maneira clara e objetiva. Para obra havia sido documentado as atribuições de todos os envolvidos na sua administração (engenheiro residente, engenheiro de planejamento, técnicos de edificações, técnico de segurança, apontador, almoxarife, mestre de obras e encarregados). Elas abrangiam as atividades diárias, a sua forma de registro e a sua interação com os setores do escritório central. Com exceção do engenheiro de planejamento, todas

as atribuições eram resultado do trabalho efetuado na obra anterior da empresa e não haviam passado por atualizações para a presente obra.

Com relação aos incentivos para produção, a empresa praticava o pagamento dos profissionais através da produção mensal de uma determinada atividade. Assim, foram criados pacotes de trabalho com seu valor unitário e ao final de cada mês, pagava-se o valor referente ao total de pacotes executados.

Para esta obra, o engenheiro residente em acordo com o diretor técnico optou por estender outros pacotes de trabalho para serventes práticos (aqueles que possuíam aptidões para executar alguns serviços), com o intuito de incentivar todos os envolvidos na produção.

Naquele momento de elaboração do PSP, a preocupação com o crescimento intelectual dos funcionários foi identificada de forma pontual. Ou seja, poucos funcionários recebiam incentivos da empresa para o desenvolvimento de suas aptidões através de cursos externos, a exemplo, havia o custeio pela empresa do curso de graduação em engenharia civil para um dos técnicos de edificações.

No entanto, existia um grande empenho da equipe de técnica da obra a respeito na capacitação dos operários sobre os processos produtivos de forma a atingir maior produtividade e qualidade dos serviços. De acordo com práticas anteriores, estavam previstos os treinamentos para todas as etapas de produção, além do cumprimento do cronograma de treinamento dos programas de segurança do trabalho, treinamentos admissionais, periódicos e os demais previstos pelo Ministério do Trabalho.

Na empresa não havia um plano de cargos e salários definido. Os aumentos salariais seguiam as tabelas sindicais e todos os funcionários recebiam participação dos lucros da empresa anualmente. Salvo os casos de bonificações de serviços por atividades desenvolvidas na obra não existia outros benefícios além dos previstos na legislação trabalhista.

Por fim, quanto aos requisitos de contratação de mão-de-obra, o setor pessoal da obra seguia as definições do MQ da empresa, exigindo grau de escolaridade para algumas funções, experiência nas atividades a serem desempenhadas, habilidade física e bom relacionamento com os colaboradores. Apesar de ser um requisito de contratação, o grau de escolaridade não era um atributo determinante na seleção devido à escassez de mão-de-obra no mercado.

6.2.2.11 Sistema da qualidade

A empresa considerava a qualidade como uma das principais armas da competição. A valorização da qualidade na sua estratégia de produção estava refletida desde a preocupação com materiais adquiridos até no resultado final do empreendimento, como pode ser identificado através de visitas aos outros empreendimentos construídos pela empresa.

Durante as definições do PSP para obra, a empresa possuía a certificação do Nível C do PBQP-H. Deveria existir, dessa forma, um trabalho sistêmico sobre a organização, o planejamento, o acompanhamento e o controle de documentos e dos processos produtivos.

Todos os procedimentos estavam detalhados no manual de qualidade da empresa. O sistema contemplava ainda os procedimentos de funcionamento dos principais setores a empresa, as instruções de serviço para os trabalhos em obra, especificações para recebimento, armazenamento e controle de material, além de formulários diversos para controle de obra.

Apesar de todo esse acervo, observou-se que muitos procedimentos não ainda funcionavam adequadamente. Era preciso uma reformulação destes para que o sistema de produção da obra desempenhasse de forma eficiente suas funções. Além disso, o sistema da qualidade não era bem formulado no subitem sobre planejamento da obra.

O procedimento de recebimento, armazenagem e controle de matérias estava previsto ser realizado por um almoxarife e dois ajudantes com o auxílio de programa computacional específico interligado ao escritório central.

Apesar de serem previstos alguns espaços separados no canteiro para armazenagem correta dos materiais (conforme subitem 7.2.1), não havia preocupação com a identificação dos mesmos conforme exigido no manual de qualidade (MQ) para os materiais controlados. Assim, para cumprir com este requisito foi proposto pelo pesquisador melhorias no sistema de informação desse processo, através da criação de placas de identificação para materiais e demais locais do canteiro.

As instruções de serviços existiam apenas para os serviços ditos controladas pelo MQ: alvenaria estrutural, concreto armado, cerâmica, reboco interno e externo. De toda maneira, todos os serviços tinham fichas para acompanhamento e recebimento final, onde eram contemplados os critérios exigidos.

A utilização de indicadores para a avaliação da eficácia e eficiência do sistema de produção era pouco difundida na equipe técnica da obra. Não existiam indicadores oficiais para avaliar os objetivos gerais da

empresa. O único indicador analisado até então eram os índices de produtividades das equipes dos principais serviços.

A organização de documentos e projetos não era rigorosa. Apesar de existir muitos dados resultantes das obras anteriores, estes não eram catalogados, difundidos e aproveitados devidamente pela administração da obra.

Ainda de acordo com o MQ, a política de qualidade da empresa era: ***“Construir imóveis com qualidade, buscando a satisfação dos clientes e a qualidade de vida dos seus colaboradores”***.

A política era pouco difundida entre os funcionários da obra. Apenas os funcionários da administração a conheciam, entretanto, não valorizavam a divulgação de seus princípios.

As deficiências encontradas no funcionamento sistema da qualidade estavam em contrataste com a priorização do critério competitivo da qualidade exaltado pela diretoria da empresa. Em razão disso, após identificação e a explanação pelo pesquisador das questões anteriores para os envolvidos no processo, a diretoria indicou a necessidade de contratação de uma empresa de consultoria que auxiliasse a implantação e funcionamento adequado do sistema da qualidade.

Como decisão do PSP para o item em questão, ficou definida que a obra seria escolhida para que a empresa, com o auxílio de uma consultoria contratada, ampliasse a certificação do seu sistema da qualidade para Nível A do PBPQ-H, além de acrescentar a certificação da ISO 9001.

6.2.3 Análise dos objetivos estratégicos da empresa

Este tópico foi concebido com o objetivo de identificar e analisar os aspectos estratégicos priorizados pela empresa, seu alinhamento com a sua estratégia da produção e a relação com o PSP. As afirmações foram fundamentadas no manual de qualidade (MQ), em entrevistas com o diretor técnico da empresa e nas decisões tomadas para a elaboração do PSP desta pesquisa.

Sabe-se que uma estratégia de produção é determinada pelo padrão das decisões realmente tomadas (ou seja, pelo que os gerentes fazem), não pelo que os documentos corporativos dizem sobre a estratégia (HAYES *et al.*, 2008). No entanto, para conduzir a explanação é relevante citar novamente a política e algumas informações contidas no manual de qualidade da empresa que indicavam suas prioridades competitivas.

Sendo assim, a política da empresa apontada no MQ era: Construir imóveis com qualidade, buscando a satisfação dos clientes e a qualidade

de vida dos seus colaboradores. Nele também estavam descritos os objetivos para alcançar o cumprimento dessa política, que eram: melhorar a qualidade da gestão; melhorar a qualidade da produção; valorizar e desenvolver os funcionários; atender e satisfazer os clientes; melhorar a rentabilidade.

O manual não fazia referências à missão e à visão da organização. Entretanto, através de sua política e objetivos, entendeu-se que suas prioridades estratégicas contemplavam, de forma genérica sobre a produção, decisões de custo, qualidade, desempenho nas entregas e flexibilidade.

A prioridade de custo apareceu nos objetivos de: melhorar a qualidade da gestão, da produção e a rentabilidade da empresa. Ou seja, para alcançar essa meta, a função produção devia desenvolver meios de reduzir custos através de ações incrementais em seus processos.

Todos os objetivos faziam menção à prioridade da qualidade, de certo, o que reforçava a importância desta dimensão para o desenvolvimento da estratégia competitiva da empresa. Sendo assim, a função produção precisava possuir um sistema da qualidade eficiente em todo seu escopo para atender a essa prioridade.

Quanto ao desempenho das entregas, o objetivo que estava ligado a essa prioridade era o de atender e satisfazer os clientes. Desse modo, a estratégia de produção precisava aprimorar suas decisões que refletissem o aumento de produtividade e capacidade produtiva para cumprir com os prazos estabelecidos.

Por último, a dimensão da flexibilidade foi observada nos objetivos de: qualidade da gestão, atender e satisfazer os clientes e melhorar a rentabilidade. Deveria existir o desenvolvimento de produtos e processos capazes de representar as necessidades específicas dos clientes, bem como mudanças no layout de produção que incrementassem a sua eficiência.

A partir da identificação da posição estratégica da função produção descrita anteriormente, buscou-se avaliar a consistência entre essas informações e as características do sistema produtivo da empresa. A análise tomou como base os questionamentos proposto por Godinho Filho (2004) para os PEGEMs e o quarto nível de análise do modelo proposto por Lira *et al.* (2015) que trata do alinhamento entre prioridades competitivas e atividades da rede de valor de operações (categorias de decisão estratégicas).

Para a realização da análise foi necessário adaptar os pontos dos modelos à realidade dos sistemas de produção na construção civil, bem como às limitações da presente pesquisa.

Primeiramente, os termos utilizados nos questionamentos sobre as áreas de decisão foram substituídos. Em seguida, a combinação entre as prioridades competitivas identificadas na política de qualidade da empresa e as categorias de decisão estrutural e infraestrutural presentes na literatura foi demonstrada através de uma tabela que comprova ações na produção. Por último, a avaliação da modelagem quantitativa proposta em Lira *et al.* (2015) foi modificada para uma avaliação qualitativa do alinhamento existente.

6.2.3.1 Critério Competitivo de Custo

O quadro 5 apresentou a análise realizada para o critério competitivo de custo sobre os processos e práticas identificadas no âmbito organizacional e de sua produção.

Segundo a análise, todas as ações da produção confirmaram o atendimento ao critério competitivo de custo, tanto nas decisões estruturais quanto nas infraestruturais da função produção. Portanto, as decisões tomadas pelo PSP tiveram relação direta para alinhar o objetivo de reduzir os custos tornando a empresa mais competitiva por este critério.

As comprovações para a afirmação anterior estavam presentes: na atenção dada ao planejamento do abastecimento dos postos de produção (subitem 6.2.2.9) e escolhas por tecnologias (subitem 6.2.2.2) que reduzissem o tempo de ciclo das atividades, o esforço físico dos operários e aumentasse a produtividade; na economia de escala alcançada pela definição do nível de integração vertical (subitem 6.2.2.8), como por exemplo a escolha por subcontratar equipes especializadas, fabricar as próprias treliças de concreto e montar equipes dedicadas para criação de módulos de instalações (subitem 6.2.2.8); no nivelamento dos recursos alcançados pela programação com a linha de balanço (subitem 6.2.2.7); na equipe de produção engajada na elaboração projetos para produção que reduziram o desperdício e aumentaram a produtividade (subitens 6.2.2.5 e 6.2.2.6) e; na participação de um grupo de empresas que barganhavam preços e discutiam qualidade dos materiais adquiridos (subitem 6.2.2.9).

Quadro 5 - Análise do critério competitivo de custo.

DECISÕES	CATEGORIAS	REQUISITOS	ATENDE AO REQUISITO	COMPROVAÇÃO
DECISÕES ESTRUTURAIS	INSTALAÇÕES	A empresa tem <i>no layout</i> por produto ou linear seu principal tipo de arranjo físico, sendo que o balanceamento da linha de produção é uma preocupação constante.	SIM	Estudo dos fluxos de trabalho para concepção do <i>layout</i> das instalações, como o por exemplo a disposição das centrais de argamassa; projeto do sistema de abastecimento das equipes de trabalho; programação pela LOB.
	TECNOLOGIA	A empresa utiliza a tecnologia em prol de uma alta produtividade, como sistemas e máquinas grandes e dedicadas.	SIM	Escolha dos tipos de transporte horizontal e vertical (mini carregadeira e mini grua); uso da plataforma 2D cad para os projetos para produção.
	INTEGRAÇÃO VERTICAL	A empresa para tomar decisões sobre o grau de verticalização, toma como principal princípio de medida os custos envolvidos.	SIM	Subcontratação de diversos serviços especialidades; fabricação própria das treliças para lajes de concreto.
	CAPACIDADE	A empresa entende que a alta utilização de capacidade e dos recursos produtivos é vital; é dada ênfase a economia de escala; é baixíssima a capacidade de alocar alterações na demanda; a política da capacidade mais utilizada é a política da capacidade constante; as decisões sobre a capacidade são simples, uma vez que os produtos são padronizados.	SIM	Dimensionamento do número de equipes de produção para cada serviço; compra programada de insumos em escala; ritmo de produção proposto na programação da LOB.
DECISÕES INFRAESTRUTURAIS	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	A organização e as tomadas de decisão estão extremamente comprometidas com aumentos de produtividade e reduções de custo.	SIM	Planejamento do <i>layout</i> do canteiro; projetos para produção; programação por LOB; projeto de abastecimento do sistema de abastecimento das equipes de produção.
	FORÇA DE TRABALHO	Pessoal especializado, comprometido com a diminuição dos custos.	SIM	Quadro de engenheiros e técnicos de edificações capacitados para desenvolver projetos, especificações, controle de obras e realizar treinamento para mão-de-obra.
	RELAÇÃO COM FORNECEDORES	A empresa enfatiza a abordagem competitiva entre fornecedores, visando diminuição de custos dos componentes comprados.	SIM	Participação do grupo de empresas que negociam em conjunto com diversos fornecedores (economia em escala).
	PCP	A empresa utiliza sistemas de coordenados de ordens de produção e compras (SICOPROCS) simples, como por exemplo, planilhas para controlar sistemas contínuos ou de produção em massa.	SIM	Ordens de serviço (OS) para controle dos processos em obra; sistema computacional específico para gestão de suprimentos entre o canteiro e o escritório central.
	GERÊNCIA DA QUALIDADE	A empresa entende que existe um nível de conformidade ótimo (nem sempre é o zero defeito) e enfatiza inspeções de qualidade e controle de defeitos na saída do processo.	SIM	Procedimentos para recebimento dos serviços; pagamento da produção vinculado a inspeção de qualidade e finalização.

Fonte: adaptado de Godinho Filho (2004), Lira *et al.* (2015) e elaborado pelo autor.

6.2.3.2 Critério Competitivo de Qualidade

O critério de qualidade desde o início desta pesquisa foi destacado como o mais importante pela administração da empresa. Com o quadro 5 foi feita a análise e se demonstrou que realmente que a estratégia de produção da empresa estaria alinhada a este critério competitivo.

Mesmo não possuindo comprometimento quanto à organização documental do programa da qualidade em vigência antes da obra, a empresa planejou e alcançou durante sua execução a implementação de um sistema de qualidade mais eficaz que contemplou a certificação do nível A do PBQP-H e ISO 9001.

Quanto às ações do PSP que contribuíram para o alcance da estratégia de produção e conseqüentemente o alinhamento com o critério competitivo de qualidade, foram verificadas: a organização do layout do canteiro com instalações apropriadas, organizadas e bem dimensionadas (subitem 6.2.2.1); as células de produção para o serviço elevação de alvenaria (subitens 6.2.2.5 e 6.2.2.6); a decisão de utilizar escantilhões, nível laser, peneira elétrica que permitiam alcançar maior nível de qualidade dos serviços (subitem 6.2.2.2); os blocos especiais que reduziram o desperdício, como também melhoraram a qualidade e funcionalidade do serviço de alvenaria (subitem 6.2.2.6); O estudo detalhado de projetos para produção, como por exemplo, os de locação e elevação de alvearia (subitens 6.2.2.5 e 6.2.2.6) e; a linha e balanço e ordens de serviço para produção que permitiram o fluxo contínuo das atividades (subitem 6.2.2.7).

Quadro 6 - Análise do critério competitivo de qualidade.

DECISÕES	CATEGORIAS	REQUISITOS	ATENDE AO REQUISITO	COMPROVAÇÃO
DECISÕES ESTRUTURAIS	INSTALAÇÕES	A empresa apresenta o <i>layout</i> por produto e linhas de produção/monagem, porém devido a um certo grau de diferenciação dos produtos, o <i>layout</i> celular (parão flow shop) também é utilizado.	SIM	<i>Layout</i> celular desenvolvido para o processo de elevação de alvenaria.
	TECNOLOGIA	A empresa foca a tecnologia de processo na redução dos tempos de troca entre máquinas, reduções do tamanho do lote e estabelecimento de fluxo contínuo entre máquinas, além de focar também tecnologias no combate aos refugos no processo; além disso, há ênfase em máquinas menores e mais flexíveis.	SIM	Opção por ferramentas como nível laser, escantilhão e peneira elétrica; projetos para produção na plataforma 2D CAD que estudaram a redução do desperdício; sistema computacional para a gestão de compras; equipes de abastecimento para redução do ciclo das equipes de trabalho;.
	INTEGRAÇÃO VERTICAL	A empresa, no momento em que toma a decisão sobre o grau de verticalização, apesar de se preocupar com os custos, tem no impacto que esse nível de verticalização causa no nível de qualidade dos produtos sua principal fonte decisória; em outras palavras, a decisão quanto ao grau de verticalização é definida principalmente com relação à qualidade dos produtos.	SIM	Parceria com fornecedor para aquisição de blocos especiais para o serviço de alvenaria; fabricação de módulos e peças para padronizar o serviço de instalações e laje de concreto.
	CAPACIDADE	A empresa entende que a utilização de capacidade não é vital, ela depende dos requisitos do cliente uma vez que a produção é puxada; a política alternativa de capacidade mais utilizada é a política de acompanhamento da demanda.	NÃO	A demanda e o prazo da obra foram definidos previamente. A produção foi programada para ser era puxada em nível dos processo e existia um deficit de mão-de-obra no mercado, razões pela qual a preocupação com a capacidade era constante.
DECISÕES INFRAESTRUTURAIS	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	A organização e as tomadas de decisão estão extremamente comprometidas com a qualidade.	SIM	Projetos para produção; utilização de escantilhão, nível laser, blocos especiais para garantir a qualidade do serviço de alvenaria; decisão pela mudança do sistema da qualidade para PBQP-H nível A e ISO 9001; programas de incentivo criado para a mão-de-obra.
	FORÇA DE TRABALHO	Pessoal multi-habilitado, treinado em equipes e comprometido com programas de qualidade do tipo TQM, 5S, etc.	NÃO	Falta de comprometimento com alguns requisitos dos programa da qualidade
	RELAÇÃO COM FORNECEDORES	A empresa enfatiza uma abordagem cooperativa com fornecedores, visando melhoria dos padrões de qualidade.	SIM	Parceria com o fornecedor de blocos de alvenaria;
	PCP	A empresa utiliza sistemas de fluxo contínuo (programação de taxas de produção) e o sistema <i>Kanban</i> , no qual não é possível o fluxo contínuo.	SIM	Programação pela LOB; utilização de índices de produtividade próprios; criação de OS para equipes de produção
	GERÊNCIA DA QUALIDADE	A empresa entende que o nível de conformidade ótima é o zero defeito e não mede esforços para alcançá-lo; ênfase em programas TQM, ISSO, Seis Sigma e <i>Kaizen</i> , além do uso de ferramentas estatísticas.	SIM	Decisão pela mudança do sistema da qualidade para PBQP-H nível A e ISO 9001; projetos para produção; decisões sobre tecnologia; projeto do <i>layout</i> do canteiro

Fonte: adaptado de Godinho Filho (2004), Lira *et al.* (2015) e elaborado pelo autor.

6.2.3.3 Critério Competitivo de Desempenho nas Entregas

Os empreendimentos tinham sua entrega condicionada a um curto período de tempo, portanto as decisões sobre o PSP deveriam atender diretamente ao critério de desempenho de entrega (quadro 7). O cumprimento do prazo era uma imposição não apenas interna da empresa, para reduzir os custos diretos inerentes à produção, mas principalmente do programa de financiamento habitacional da CAIXA.

A prorrogação de dois meses para entrega final da obra acarretou a falta de atendimento ao objetivo de prazo. No entanto, o motivo dessa prorrogação foi compreendido pelo órgão financiador, sendo justificada pelas condições climáticas do período de execução.

No tocante aos objetivos internos da empresa para atendimento ao prazo, de uma forma geral, concluiu-se que este também não foi alcançado. A causa do atraso foi atribuída principalmente às chuvas no início da execução, entretanto os esforços despendidos no PSP e no controle da produção não foram capazes de readequar o cronograma da obra. Ou seja, durante a execução, o PSP não sofreu alterações substanciais que levassem a ideia de sistemas de produção reconfiguráveis (como abordado no tópico 3.2) para este caso.

O conjunto de decisões sobre a organização e o controle da produção idealizado no PSP, mesmo não conseguido atender a prioridade de prazo, permitiu o alcance de muitas melhorias no âmbito organizacional. Estas ações poderão, em médio ou longo prazo, caso permaneçam enraizadas na cultura da empresa e aprimoradas em outras obras, alinhar o objetivo de desempenho de entrega pretendido.

Quadro 7 - Análise do critério competitivo de desempenho nas entregas.

DECISÕES	CATEGORIAS	REQUISITOS	ATENDE AO REQUISITO	COMPROVAÇÃO
DECISÕES ESTRUTURAIS	INSTALAÇÕES	A empresa utiliza o <i>layout</i> por produto, linhas de produção/ montagem e <i>layout</i> celular com padrões de fluxo <i>flow shop</i> (preferencialmente) e <i>job shop</i> ; o <i>layout</i> funcional somente é utilizado onde não é possível a utilização do <i>layout</i> celular.	SIM	Foram projetadas várias centrais de montagem na obra (módulos de instalações, treliças de concreto); uso no <i>layout</i> celular no serviço de alvenaria.
	TECNOLOGIA	Preocupação na escolha de tecnologias que forneçam maior rapidez e flexibilidade na produção e repostas mais rápidas na tomada de decisão (como correios internos e intranet), desenvolvimento mais rápido de produtos e variedade.	SIM	Utilização de um sistema computacional de gestão de suprimentos; tecnologias que aceleram o processo de fluxo como mini carregadeira e mini grua; utilização da plataforma 2D CAD nos projetos para produção e controle de serviços; Ordens de serviço de produção.
	INTEGRAÇÃO VERTICAL	A empresa, para tomar decisões sobre o grau de verticalização, apesar de se preocupar com custos e qualidade, tem como principal parâmetro decisório a velocidade e pontualidade no fornecimento dos produtos.	NÃO	As decisões foram embasadas principalmente no critério de custo e qualidade.
	CAPACIDADE	A empresa entende que a alta utilização da capacidade prejudica a velocidade no atendimento e a pontualidade na entrega; o congestionamento no processo aumenta com o aumento da utilização da capacidade; portanto a empresa deixa capacidade excedente com a finalidade de fornecer maior velocidade e pontualidade.	SIM	Programação da obra por LOB para nivelou os recursos e a capacidade de produção.
DECISÕES INFRAESTRUTURAIS	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	A organização e as tomadas de decisão estão extremamente comprometidas com a velocidade no atendimento aos clientes, com o cumprimento dos prazos estipulados e com a variedade.	NÃO	Apesar de todos os esforços para o PCP a obra atrasou em dois meses a entrega final, mesmo sendo este um critério defendido pela empresa ainda na fase de PSP.
	FORÇA DE TRABALHO	Pessoal multi-habilitado, trabalhando em equipes e comprometido com programas de redução de tempo de ciclo e atendimento de prazos de clientes.	NÃO	Os engenheiros e técnicos eram capacitados, desenvolveram diversas medidas para melhorar o tempo de ciclo das atividades, mas as medidas foram insuficientes para alcançar o objetivo de prazo.
	RELAÇÃO COM FORNECEDORES	A empresa enfatiza uma abordagem competitiva e cooperativa com fornecedores, porém o objetivo requerido dos fornecedores são entregas mais rápidas e confiáveis.	SIM	Participação de um grupo de empresas que permitia escolher fornecedores comprometidos com prazo; Parceria com fornecedores atigos que já coheciam o ritmo de produção.
	PCP	A empresa entende que os SICOPROCS São pontos vitais para a empresa; utiliza também sistemas de programação da produção com capacidade finita, com o intuito de melhorar a velocidade e pontualidade das entregas.	SIM	Utilização de um sistema computacional de gestão de suprimentos; Ordens de serviço de produção.
	GERÊNCIA DA QUALIDADE	A empresa tem um alto foco na gestão da qualidade até os níveis em que ela passa a prejudicar os esforços de velocidade e pontualidade dos processos.	NÃO	O foco na qualidade dos processos ainda foi mais relevante. As medidas tomadas para a certificação da qualidade BQP-H nível A e ISO 9001 reforçaram essa afirmação durante a obra.

Fonte: adaptado de Godinho Filho (2004), Lira *et al.* (2015) e elaborado pelo autor.

6.2.3.4 Critério Competitivo de Flexibilidade

O quadro 8 demonstrou o diagnóstico realizado para o critério competitivo de flexibilidade.

O escopo de decisões estruturais do PSP proposto para obra confirmou que as ações voltadas à produção e seus processos alinhava a estratégia de produção ao critério de flexibilidade. As categorias de tecnologia, integração vertical e capacidade, estão intimamente relacionadas à capacidade de mudança do processo produtivo.

Isto foi observado no layout flexível para o canteiro de obras, onde o arranjo de betoneiras, armazenamento de materiais dependiam da demanda da produção; no uso da ferramenta CAD para elaboração de projetos para produção, que permitiu rápidas alterações de detalhes construtivos (subitem 6.2.2.5 e 6.2.2.6); na escolha por fornecedores que adaptassem seus processos produtivos para atender a demanda da obra (subitem 6.2.2.8); na programação da obra, idealizada com diversos ritmos, para que fosse possível reaproveitar equipes, bem como a utilização de células de produção em seus processos (subitem 6.2.2.8).

Entretanto, as decisões infraestruturais não posicionaram a estratégia de produção da empresa segundo o critério de flexibilidade. A principal razão para isto foi o foco da empresa voltado aos EHIS, caracterizados pelo elevado nível de repetitividade de seus processos e padronização do seu produto. Além disso, não permitiam a interferência dos usuários finais na etapa de execução para customização das suas residências.

Quadro 8 - Análise do critério competitivo de flexibilidade.

DECISÕES	CATEGORIAS	REQUISITOS	ATENDE AO REQUISITO	COMPROVAÇÃO
DECISÕES ESTRUTURAIS	INSTALAÇÕES	Devido a altíssima variedade de produtos, o <i>layout</i> funcional se torna necessário; porém <i>layouts</i> por produto, celular e linhas de fabricação/montagem continuam a existir sempre que possível; na medida do possível, as instalações utilizam alta tecnologia, a fim de tornar o processo produtivo mais flexível.	NÃO	O layout do canteiro da obra apesar de possuir algumas características de <i>layout</i> funcional, como necessidade de grande área para estoque de materiais e fluxo, não destinava-se a produzir produtos flexíveis, predominava-se para essa tipologia a padronização do produto e seus processos.
	TECNOLOGIA	Alta utilização de tecnologias de flexibilização no processo produtivo (automação, ferramentas de troca rápida, etc.); tecnologia de informação visando o estabelecimento de contato com clientes a fim de estabelecer nível de customização dos produtos e tecnologias para desenvolvimento rápido de novos produtos (CAD/CAM, banco de projetos, etc).	SIM	As tecnologias escolhidas flexibilizavam os processos, tais como as escolhidas para os transporte e para projetar os processos. Entretanto seu objetivo não era flexibilizar o produto.
	INTEGRAÇÃO VERTICAL	O principal parâmetro referente ao grau de verticalização é a flexibilidade no fornecimento - capacidade dos fornecedores de lidar com mudanças.	SIM	Fabricação das treliças de concreto para laje e dos moldos de instalações adequados ao ritmo pretendido; flexibilidade do fornecedor de blocos.
	CAPACIDADE	Capacidade altamente flexível para atender a mudanças no mix de produtos.	SIM	Este requisito foi atendido a nível de flexibilidade de processo, mas não do produto. A programação foi dimensionada com mudanças de ritmo durante a execução e para reaproveitar das equipes de trabalho em outros serviços.
DECISÕES INFRAESTRUTURAIS	ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	A organização e as tomadas de decisão estão extremamente voltadas a produção customizada, captação de novas oportunidades de negócio e a transformação dessas oportunidades em novos produtos, porém também existem uma grande preocupação com os custos, os quais devem ser mantidos a um nível aceitável apesar da customização.	NÃO	Os produtos desenvolvidos pela empresa eram padronizados e atendiam a um público específico (EHIS)
	FORÇA DE TRABALHO	Pessoal multi-habilitado, treinado em equipes e comprometido a oferecer produtos customizados aos clientes e aumentar a flexibilidade no processo, sem se esquecer de um grande comprometimento com a redução de custos, os quais não podem crescer exageradamente como resultado da customização.	NÃO	A customização foi trabalhada apenas a nível de projeto para produção, mas não para o produto final.
	RELAÇÃO COM FORNECEDORES	A empresa enfatiza a abordagem cooperativa com os fornecedores, os quais devem se adaptar rapidamente às mudanças do mix de produção; além disso, existem redes de comunicação entre empresas e os fornecedores e entre os próprios fornecedores e participação ativa dos fornecedores no projeto de novos produtos.	SIM	Participação no grupo de empresas que discutiam benefícios de economia em escala; fornecedores que adaptaram seus produtos às necessidades da obra.
	PCP	A empresa trabalha em ambientes semirepetitivos, não repetitivo e grandes projetos. Além disso, a empresa possui um sistema de controle dinâmico e flexível para lidar e reagir com as incertezas do mercado	NÃO	O ambiente de produção foi caracterizado como repetitivo.
	GERÊNCIA DA QUALIDADE	A empresa tem um alto foco na gestão da qualidade até os níveis em que ela passa a representar uma ameaça a flexibilidade, customabilidade de produção e lançamento de novos produtos.	NÃO	A empresas tinha seu foco voltado aos EHIS com elevada padronização a nível de produto.

Fonte: adaptado de Godinho Filho (2004), Lira *et al.* (2015) e elaborado pelo autor

6.2.4 Conclusões do estudo de caso

O PSP sugerido para obra ampliou o estudo do escopo de decisões recomendados na literatura. O estudo de caso possibilitou comprovar a aplicação do modelo de Schramm (2004) com as questões voltadas à programação da obra. Além disso, contemplou as categorias de decisões estruturais e infraestruturais apresentadas pela literatura da área de estratégia de produção.

Assim, foram consideradas para elaboração do PSP decisões sobre: instalações para produção, tecnologia dos processos, capacidade produtiva, fluxos no canteiro de obras, projeto do produto, projeto dos processos, planejamento e controle da produção, interação vertical, sistema de suprimentos, gestão dos recursos humanos e o sistema da qualidade.

A diretoria técnica da empresa e a equipe técnica da obra entenderam a real importância do estudo detalhado de cada uma dessas decisões antes da etapa de produção. A ação do pesquisador no diagnóstico, avaliação e sugestão de melhorias sobre a formulação inicial foi fundamental para atender as necessidades do tipo de PSP desse empreendimento.

As decisões sobre instalações foram principalmente voltadas à organização do layout do canteiro, dimensionamento e localização de seus ambientes, de acordo com a capacidade produtiva pretendida, bem como as interferências sobre as questões de fluxo de materiais e mão-de-obra durante a etapa de execução do empreendimento. Constata-se também para essa categoria, o desenvolvimento de um projeto de canteiro capaz de ser flexível às demandas de produção.

Na sequência, a tecnologia dos processos abordou os tipos de transportes que auxiliam a movimentação de materiais nos percursos horizontais e verticais em obra, como também os equipamentos e ferramentas que apoiam a produção. Essas escolhas foram embasadas em agilizar o abastecimento dos postos de trabalho, reduzir o esforço físico dos operários, aumentar a produtividade das equipes e a qualidade final do produto acabado.

O enfoque dado às decisões sobre capacidade foi devido ao dimensionamento das centrais de abastecimento ao nivelamento de recursos na etapa de planejamento da obra. Foi verificada a importância do planejamento da contratação de mão-de-obra, uma vez que a oferta de pessoal especializado e em grande quantidade foi um ponto crítico em experiências anteriores.

As discussões sobre os fluxos estiveram presentes em diversas categorias estudadas, dentre elas: a instalações de canteiro, a tecnologia dos processos, a capacidade produtiva, o projeto de processos, o PCP e o sistema de suprimentos. É certo afirmar que, o estudo dos fluxos relacionou e interligou essas categorias.

A equipe técnica da obra em conjunto com o pesquisador desenvolveu vários projetos de produtos e processos. Dentre eles, o que mereceu destaque o conjunto de projetos criados para o serviço de elevação de alvenaria. Sua concepção abordou a locação das paredes, a compatibilização das dimensões dos ambientes ao tamanho dos blocos cerâmicos, a disposição de caixas para instalações elétricas e vergas de concreto, como também a organização dos insumos dentro do ambiente (quantidade e localização) para serem usados na execução do serviço. Todo esse detalhamento foi idealizado para esta atividade, pois se considerava este o mais importante da obra (ditava o ritmo de produção e a qualidade dos demais serviços). Assim, o desenvolvimento de projetos para produção foi imprescindível na etapa de elaboração do PSP, pois possibilitaram ganhos substanciais na produtividade, qualidade dos serviços, redução desperdício e consequentemente dos custos da obra.

O PCP foi a categoria que mais consumiu o tempo do pesquisador a durante etapa de criação do PSP. Uma linha de balaço foi criada para representar todas as decisões inerentes à programação de longo prazo. Esta técnica abrangeu a definição da estratégia de ataque ao empreendimento; a rede de precedência de serviços na unidade base; o estudo dos fluxos de trabalho; a definição das datas marco para início dos serviços e; o dimensionamento e nivelamento da capacidade de produção para atingir os prazos estabelecidos. Assim sendo, concluiu-se que esta ferramenta foi a mais importante para a elaboração do PSP.

No PSP se verificou a necessidade de definir quais serviços seriam subcontratados e quais as equipes de produção da obra tinha capacidade de desenvolver. O destaque à integração vertical, neste caso, foi a elaboração de treliças de concreto na obra. Optou-se por essa condição, pois seriam possíveis ganhos financeiros, bem como redução de desperdício de materiais com base em um projeto de plano de corte das treliças metálicas. Devido ao grande volume de processos e materiais que envolvem esse tipo empreendimento, o estudo da integração vertical antes da etapa de execução traz vantagens em todos os critérios competitivos da produção (custo, qualidade, flexibilidade e desempenho nas entregas).

O sistema de suprimentos também foi abordado nas decisões para a elaboração do PSP. A empresa participava de um grupo com outras empresas que discutia as especificações e a compra dos principais

materiais para este tipo de empreendimento. Essa condição foi primordial para barganhar junto aos fornecedores melhores preços, uma vez que esse grupo negociava em conjunto. Na obra, desenvolveu-se uma equipe específica para o abastecimento das frentes de serviço, isso diminuiu o tempo de espera, a troca rápida de postos de trabalho e a organização dos materiais no canteiro de obras. Sendo assim, acredita-se que a antecipação do planejamento do sistema de suprimentos pode agregar ganhos substanciais tanto a nível organizacional e quanto a dos processos de produção.

O pesquisador também considerou o estudo dos recursos humanos durante o estudo de caso. Um dos primeiros pontos indicados pelo diretor técnico da empresa foi a necessidade de readequar as atribuições dos envolvidos na coordenação da produção. Era necessário redistribuir e formular novas atividades para a obra em questão. A forma de pagamento, os incentivos à produtividade e a importância do treinamento das equipes de trabalho também foi evidenciado durante a etapa de PSP.

Por último, foram descritas as indicações sobre o sistema da qualidade. O estudo de caso também demonstrou que as decisões no tocante à concepção e desenvolvimento do sistema da qualidade foram vitais na elaboração do PSP. A diretoria técnica afirmava que a qualidade era seu principal critério competitivo. No entanto, após diagnóstico realizado pelo pesquisador, foram identificadas diversas falhas no sistema vigente. Por consequência, a diretoria anunciou a contratação de uma consultoria específica e a ampliação da certificação nos programas de qualidade. Portanto, é certo dizer que as diretrizes de um sistema da qualidade e o cumprimento dos seus manuais, registros e procedimentos proporcionam eficiência e organização aos sistemas produtivos.

No tópico 7.3 foram apresentados os aspectos estratégicos da empresa e como estes estavam alinhados com a função produção por meio de ações desenvolvidas pelo PSP da obra em estudo. Com base na análise das informações fornecidas por Godinho Filho (2004) e o modelo de Lira *et al.* (2015), concluiu-se que as prioridades competitivas de custo e qualidade da organização eram praticadas e estavam alinhadas as áreas de competência da produção, conforme detalhadas no tópico 7.2.

Quanto às prioridades de desempenho nas entregas e flexibilidade, não foi possível atender aos objetivos estratégicos com ações da produção. A primeira porque não cumpriu com o prazo inicial para entrega da obra, mesmo que causado por questões climáticas, a produção não reagiu as mudanças ocorridas durante a execução.

Já para o critério de flexibilidade, duas condições tiveram que ser justificadas. Primeiramente, seu alinhamento foi constatado em nível de

suas decisões estruturais, voltado às questões inerentes aos processos produtivos em si, como por exemplo, nos layouts de produção; nos incrementos de produtividade com o desenvolvimento de projetos para produção e na programação de obra capaz de nivelar os recursos de produção ao longo do tempo.

Entretanto, a flexibilidade não é alcançada nas decisões infraestruturais. A empresa optou por trabalhar no nicho de mercado que oferecia produtos padronizados e com alta repetitividade dos seus processos. Ou seja, as características dos EHIS não permitiram à empresa adequação ao critério competitivo de flexibilidade para oferecer aos clientes moradias customizadas.

Por fim, nas conclusões para o estudo de caso, constatou-se que as decisões sobre o PSP da obra foram exemplos de ações na produção que auxiliaram o alcance das estratégias de produção da empresa. Sendo assim, acredita-se que o estudo das categorias escolhidas para o PSP de uma obra alinha as operações à estratégia de produção da empresa.

6.3 DECISÕES PARA O PSP EM OBRAS DE CONSTRUÇÃO CIVIL

Este item apresenta as decisões para elaboração do projeto do sistema de produção para obras de construção civil, baseadas nas evidências encontradas na revisão bibliográfica, no estudo exploratório e no estudo de caso desenvolvidos na pesquisa.

6.3.1 Instalações de canteiro

Na revisão bibliográfica se discutiu a importância desta decisão no item 4.3. Destacou-se que seu desempenho está intimamente ligado ao esforço na etapa de projeto, bem como aos recursos e tecnologias disponibilizados pela empresa.

Na etapa do PSP, além do dimensionamento adequado das instalações para atender as normas vigentes de segurança e saúde no trabalho é primordial a abordagem do enfoque logístico. Para isto, sugere-se uma análise global do funcionamento do sistema de produção que contemple os fluxos e os ciclos de produção que evite perdas no processos.

Os estudos de campo desta pesquisa foram realizados em empreendimentos que possuíam uma grande área, com existência potencial de perdas relacionadas aos fluxos de trabalho.

Diferente do estudo exploratório, onde pouca tecnologia foi empregada para melhoria da logística (itens 6.1.2.1 e 6.1.2.2), o estudo de

caso realizou um estudo detalhado dos equipamentos para transporte, dimensionamento e zoneamento das centrais de argamassa, bem como a opção por instalações de canteiro que permitissem fácil mobilização, desmobilização e reaproveitamento em outras obras.

Atualmente, conforme item 4.3 existem diversos métodos para o planejamento de canteiro de obras com auxílio da TI. Além de auxiliarem a otimização do *layout*, de acordo com o item 6.2.3, estes recursos ampliam a discussão sobre o alcance dos objetivos estratégicos da empresa.

6.3.2 Tecnologias de produção

Conforme o item 4.2 a montagem de sistemas produtivos deve iniciar no processo de escolha tecnológica, onde os critérios de escolha devem abranger o maior número possível de requisitos (uso a que se destina, recursos disponíveis, condições físicas, ambientais, socioculturais e político-econômicas), além de permitir a participação dos envolvidos no processo.

Quanto ao atendimento à estratégia de produção, para que as empresas permaneçam competitivas, o item 2.3 destaca que esta categoria de decisão influencia o projeto e deve contemplar os equipamentos a serem utilizados, grau de automação, flexibilidade e versatilidade destes.

Segundo San Martin (1999), esta etapa é o ponto chave de sucesso para empresas construtoras envolvidas com o mercado de habitações de baixo custo.

No estudo de caso desta pesquisa, as características de curto prazo, elevada repetitividade dos processos e consumo de recursos para sua execução, levou a discussão antecipada, ainda na etapa do PSP, da definição de tecnologias de produção que reduzissem o esforço físico, aumentasse a racionalização, a produtividade e a qualidade dos serviços.

6.3.3 Projetos para produção

O desenvolvimento de projetos voltados a produção foi discutido no item 4.5 desta pesquisa, que demonstrou sua importância em subsidiar informações de conteúdo tecnológico, esclarecer o emprego de recursos, a programação e desempenho das tarefas no alcance da otimização global do empreendimento.

Durante a etapa do PSP merece destaque um estudo sobre os processos críticos, como citado por Schramm (2009), pois estes representam os gargalos do sistema de produção e podem limitar a capacidade do seu funcionamento.

Na preparação do PSP do estudo de caso, a realização de projetos para produção permitiu ganhos significativos de produtividade, qualidade e redução de custos. Sua função foi compatibilizar as informações dos projetos originais do empreendimento, por meio de um maior detalhamento dos cuidados executivos, bem como indicar ações que reduzissem o tempo de ciclo processos, o tempo de *setup* e consequentemente que economizassem os recursos de produção.

Mereceu destaque os projetos de locação da obra e um estudo detalhado do processo de alvenaria de elevação (escolha do material, forma de abastecimento do local de trabalho, conformação e atribuições da equipe, ferramentas, planejamento, medição e qualidade do produto final).

O item 4.5 destacou ainda o esforço de várias pesquisas por considerarem a importância dos projetos para produção na racionalização, alcance de metas relativas a prazo, custo e qualidade das edificações. Os argumentos induzem a estreita relação da necessidade desta decisão na etapa do PSP, como também na conquista dos objetivos de desempenho destacados pela estratégia de produção da empresa.

6.3.4 Planejamento e controle da produção

Elaborar o planejamento e controle da produção foi a ação que mais demandou tempo para conceber o PSP da obra e também a que mais mereceu destaque. Esta declaração foi confirmada inclusive, de forma unânime, por todas as pesquisas que se dedicaram ao PSP na construção civil (item 3.3.1, 3.3.2 e 3.3.3). No entanto, o caráter mais operacional e menos estratégico concedido à elaboração do PSP se deve a ênfase à etapa do PCP nos modelos atualmente propostos.

Nesta categoria de decisão precisa-se definir o planejamento de longo prazo e escolher os métodos de controle da produção para atuar sobre a redução da variabilidade dos fluxos de trabalho inerentes aos processos construtivos.

O estudo de caso utilizou a programação pela técnica da linha de balanço para representar graficamente o planejamento de longo prazo da obra. A escolha foi embasada pelas indicações do item 4.4.1 do referencial teórico, onde diversos estudos comprovam sua eficiência para esta tipologia de obra.

A concepção da LB utilizou o estudo da capacidade e dos recursos de produção para alinhar as metas de prazo, custo e qualidade pretendidos. Através do gráfico identifica-se as datas marco, os locais, as atividades, o número de equipes de trabalho, o ritmo, o fluxo de trabalho (estratégia de

ataque), dentre outras interações que auxiliam a tomada de decisão na etapa de controle da produção. Observa-se que estas funções são abordadas como passos para a elaboração do PSP descrito pelos modelos da literatura.

O método de controle utilizado no estudo de caso foi o sistema *Last Planner*. No entanto, item 4.4 discorre sobre a possibilidade de combinar este às vantagens dos métodos alternativos, tais como o *Location-Based Management System* (LBMS) e *Takt-Time Planning* (TTP) para aumentar a produtividade, reduzir os custos, sincronizar e manter o ritmo de produção pretendido.

6.3.5 Integração vertical

No estudo de caso, o processo de elaboração do PSP apontou para a decisão do nível de integração vertical da produção, ou seja, escolher os serviços e materiais a serem subcontratados ou produzidos pela empresa em sua obra. A escolha foi embasada no atendimento à demanda que o ritmo de produção exigia devido ao curto prazo de execução; na falta de mão-de-obra disponível e qualificada; bem como na capacidade produtiva da empresa que sugerissem ganhos de custo, qualidade, prazo e flexibilidade dos processos.

Estas razões foram citadas também no item 4.6 da revisão bibliográfica, onde empresas, interessadas em alcançar maior vantagem competitiva, buscam discutir antecipadamente em suas estratégias de produção, a opção de preservar suas competências ou delegar atividades para outros agentes.

Quando se opta pela subcontratação de serviços, o item 4.6, embasa que essa escolha deve ir além dos critérios de custo dos serviços e partir para análise de critérios qualificadores de fornecedores, que permitam a seleção daqueles que estejam comprometidos e envolvidos também com a qualidade e metas de produção.

Conforme o referencial teórico e também verificado no estudo de caso, a integração vertical inclusive pode ser considerada a nível de processos construtivos, como a opção por pré-fabricação e modularização no canteiro ou fora deste. No PSP formulado para o estudo de caso, discutiu-se a modularização, por exemplo, das instalações hidrossanitárias executadas por centrais de montagem na obra. Esta decisão foi concebida com intuito de padronizar o processo para o alcance da redução de custos com a economia de recursos e aumento da qualidade.

6.3.6 Sistema da Qualidade

De acordo com o item 4.8, a presença de problemas construtivos nos empreendimentos pode ser ligada a improvisação dos processos construtivos, como o caso dos retrabalhos causados pela falta de planejamento e da implementação de controles sistemáticos de qualidade.

A solução para estas causas pode iniciar na etapa do PSP com a preparação do plano de qualidade para obra, que envolve as premissas estabelecidas no SGQ e as particularidades da obra.

No estudo de caso, as discussões do PSP auxiliaram os dirigentes da empresa a verificar a falta de cumprimento do objetivo da qualidade naquele dado momento. Diversas deficiências foram identificadas nos procedimentos do seu SGQ e nortearam a estratégia de utilizar a obra como modelo para implantação do SGQ ISO 9001 e PBQP-h nível A. Apesar dessa implantação ter ocorrido no decorrer da obra, o debate dessa decisão na etapa do PSP contribuiu para o alinhamento entre as ações estabelecidas para obra e o objetivo estratégico da qualidade pretendido pela empresa.

Por fim, o item 4.8 mostrou que o planejamento do seu funcionamento com antecedência assegura a formalidade dos controles sistemáticos e conduz o senso de cooperação entre equipes de produção e gerência da obra na garantia da qualidade.

6.3.7 Gestão dos recursos humanos

Tanto o referencial teórico quanto os estudos de campo desta pesquisa induziram que a qualidade almejada, o uso de tecnologias e a gestão dos métodos de controle da produção esbarram na falta de capacitação da mão-de-obra. Dessa forma, durante o PSP é preciso discutir meios para gerir os recursos humanos.

Conforme o item 4.9 existem dois níveis para abordar essa categoria de decisão. O primeiro tem ênfase na organização, comunicação e utilização da gestão da força de trabalho em campo, ou seja, onde deve-se deter as decisões relacionadas na etapa PSP. Já o segundo nível é orientado para o futuro e deve ser projetado para melhorar as competências e a produtividade dos trabalhadores através do aumento dos seus valores pessoais.

Seguindo esse raciocínio, no estudo de caso foram projetadas atribuições, habilidades e a hierarquia para cada função da produção. Em seguida, discutiu-se a forma de pagamento, os incentivos à produtividade

e o treinamento das equipes de trabalho que permitissem potencializar a força de trabalho e o envolvimento destes com as metas da empresa.

6.3.8 Sistema de suprimentos

O item 4.7 destacou a dependência crescente das empresas de construção civil à cadeia de fornecedores e subcontratados. O caráter dinâmico desse relacionamento é atrelado a variabilidade dos fluxo de produção, informações e econômico, o que torna a gestão da cadeia de suprimentos uma categoria de decisão importante a ser discutida na etapa do PSP.

Ainda de acordo com o item 4.7, a análise antecipada da logística de suprimentos pode ampliar o relacionamento com os fornecedores por introduzi-lo no planejamento das demandas da obra.

No que diz respeito a logística de canteiro, o estudo dos fluxos de trabalho esteve presente e inter-relacionou todas as decisões necessárias para formulação do PSP da obra estudo de caso, bem como das áreas descritas no capítulo 2 da presente pesquisa. Sua abordagem englobou desde a movimentação dos recursos no empreendimento ao nivelamento das capacidades para atender a produção. As consequências de sua abordagem podem refletir diretamente no alcance dos objetivos de custo, prazo, qualidade e flexibilidade dos processos.

Durante a etapa de PSP no estudo de caso se concebeu um sistema de suprimentos que respondesse as exigências de velocidade de demanda e volume de produção. Em nível organizacional, ganhos econômicos em escala foram alcançados com a decisão de participar de um grupo de empresas que compravam insumos em conjunto. A melhoria da qualidade do produto e a flexibilidade foram alcançadas em parcerias com fornecedores que se adaptaram às necessidades de fornecer produtos personalizados para obra.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

7.1 CONCLUSÕES

A pesquisa realizada visou identificar, por base nos aspectos estratégicos, decisões que compõem a elaboração do projeto do sistema de produção em obras de construção civil. A indicação desse escopo remeteu às áreas de competência para formulação da estratégia de produção e para atingir tal objetivo realizou-se uma revisão de literatura, um estudo exploratório e um estudo de caso.

A necessidade de complementar este objetivo principal foi tratada primeiramente no objetivo específico de identificar no referencial teórico sobre estratégia de produção quais categorias de decisões se relacionam com a elaboração do PSP.

Dessa forma, no capítulo 2 e 3 da revisão de literatura este objetivo foi embasado através da indicação de pesquisas que se aprofundaram nos temas de administração da produção, respectivamente sobre a estratégia de produção e o projeto do sistema de produção.

As definições identificadas para o PSP convergem para o mesmo entendimento que este requer conhecimento sobre a estratégia de produção para a realização de um plano detalhado para produzir produtos e serviços. Sendo assim, a literatura discute as decisões sobre a produção para melhoria de desempenho das operações e da competitividade da empresa.

Estas decisões podem ser estruturais, que definem a estrutura da produção e influenciam principalmente as atividades de projeto, tais como: a capacidade, instalações, tecnologia e integração vertical. E podem ser infraestruturais que estão relacionadas aos aspectos operacionais, dentre eles: os recursos humanos, qualidade, PCP e organização.

Diante das decisões apresentadas pelo referencial teórico, o segundo objetivo específico pretendeu identificar de que maneira empresas de construção desenvolvem o projeto do sistema de produção.

Inicialmente, no capítulo 3, itens 3.3.1 a 3.3.3, foi indicado um contraponto entre as decisões presentes na literatura sobre estratégia de produção e as apontadas por modelos para elaboração do PSP na construção civil. Estes modelos apresentavam basicamente os requisitos de programação de obra, dentre eles: nivelamento de recursos, sequência de execução, fluxos de trabalho e definições de datas-marco).

O entendimento deste objetivo foi complementado com um estudo exploratório e um estudo de caso. O estudo exploratório, permitiu

primeiramente que o pesquisador se familiarizasse com as características dos EHIS, tais como: grande extensão de sua área, elevada utilização de recursos, curto prazo de execução e necessidade de um planejamento e controle da produção eficiente.

Verificou-se que a obra em questão possuía muitas deficiências no tocante a concepção do seu sistema de produção. A disposição das instalações dificultava o fluxo dos recursos no canteiro; não existiu preocupação em se discutir tecnologias que melhorassem a eficiência da produção, como meios de transporte e comunicação interna; constatou-se um dimensionamento deficiente de sua capacidade para atender as demandas dos processos, como verificado no estudo sobre as centrais de abastecimento das equipes de trabalho; e o planejamento da obra estava preocupado em atender as metas financeiras mensais da empresa, sem um planejamento de curto prazo formalizado.

Através da observação desses atributos, inferiu-se como conclusão do estudo exploratório que o estudo antecipado do PSP desta obra teria auxiliado a sanar tais falhas. Além da discussão sobre as instalações de canteiro, tecnologia, dimensionamento da capacidade produtiva e planejamento e controle da produção, a abordagem preliminar do funcionamento de um sistemas da qualidade, sistema de suprimentos e gestão dos recursos humanos teriam auxiliados essas decisões na melhoria do sistema de produção da obra.

No estudo de caso, os gestores da empresa apresentavam elevado interesse em aprimorar seus processos, além disso possuía uma equipe técnica engajada e experiente. O amadurecimento para a concepção do sistema de produção da obra foi desenvolvido no decorrer das experiências anteriores com a mesma tipologia.

Os envolvidos no processo de elaboração do PSP possuíam uma ideia sobre que decisões deveriam ser discutidas nesta etapa, como instalações de canteiro, definições de tecnologia e planejamento e controle da produção. Através das reuniões estes compreenderam que as discussões sobre estas categorias induziam a organização de outras áreas relevantes para obra, tais como: a necessidade de realizar projetos para produção; a escolha dos fornecedores e subcontratados; a organização do organograma e atribuições dos envolvidos; as formas de controle dos processos e incentivos a produtividade.

Neste momento, a discussão presente no capítulo 4 da revisão bibliográfica, auxiliou o pesquisador na sistematização das ações necessárias sobre as decisões do PSP do estudo de caso, contribuindo com ideias e compartilhando conhecimento com os envolvidos. O resultado foi

a definição das decisões para o PSP da obra detalhadas nos itens 6.2.2.1 a 6.2.2.11.

O terceiro objetivo específico foi verificar como decisões propostas para o PSP na construção civil podem auxiliar no alcance dos objetivos estratégicos da empresa. A análise presente no item 6.2.3 do estudo de caso viabilizou a compreensão deste objetivo.

A adaptação dos questionamentos existentes no modelo de Godinho Filho (2004) e do modelo de alinhamento estratégico de Lira *et al.* (2015) indicaram como cada ação proposta para o funcionamento do sistema de produção da obra auxiliou, ou não, no atendimento aos requisitos necessários para o alcance dos objetivos estabelecidos pela empresa.

A sugestão de ferramentas e técnicas que auxiliassem a elaboração do PSP foi o quarto objetivo específico desta pesquisa. Sua discussão e apresentação pode ser encontrada no item 4.4.1 do referencial teórico, bem como diversas decisões do PSP para o estudo de caso.

Além das indicadas no item 4.4.1, abordadas por outras pesquisas, o presente estudo sugere outras ferramentas para esta etapa, tais como: o gráfico de zoneamento das centrais de abastecimento da produção, a compatibilização dos projetos originais e o projeto de abastecimento de equipes de produção.

A contribuição final deste estudo é descrita no item 6.3 e demonstra as decisões que compõem a elaboração do projeto do sistema de produção em obras de construção civil, baseadas nos estudos realizados nesta pesquisa.

A consecução do capítulo 4 do referencial teórico, contribuiu diretamente para o atendimento deste objetivo, pois abordou evidências em diversas áreas do conhecimento sobre a gestão da produção na construção civil que levam a necessidade de sua discussão na fase do PSP.

Além disso, a avaliação do alinhamento obtido entre as ações praticadas no estudo de caso e as prioridades competitivas da empresa (item 6.2.3) reforçou a validação das decisões estruturais e infraestruturais presentes na teoria da estratégia de produção.

Esta avaliação também constatou que as diversas ações elencadas para produção, mesmo detalhadas de forma individual, estavam inter-relacionadas para atender aos objetivos estratégicos pretendidos. Como por exemplo, o projeto para produção relacionava decisões de *layout*, tecnologia, suprimentos, sistema da qualidade, capacitação da mão-de-obra; e as tecnologias escolhidas associavam questões sobre suprimentos, PCP e recursos humanos.

A limitação desta presente pesquisa se dá ao fato de que as decisões propostas para o PSP na construção civil foram baseadas em um estudo de caso único realizado em uma tipologia específica de obra. No entanto, processo foi descrito de forma detalhada com estudos abrangentes sobre cada ação proposta para produção. Estas razões em conjunto com os aspectos levantados no referencial teórico possibilitaram as justificativas apresentadas no item 6.3 para a escolha de tais decisões.

Neste contexto, verifica-se que conceber sistemas de produção para construção civil é uma tarefa complexa em virtude do número de decisões individuais e inter-relacionadas necessárias para o alcance de sua eficiência global. Dessa maneira, acredita-se que seja preciso elencar as ações mais relevantes, com estudos específicos, para permitir o desenvolvimento das áreas críticas no alcance da vantagem competitiva.

Por fim, como contribuições científicas, esta pesquisa identifica os principais problemas encontrados na teoria sobre a concepção de sistemas de produção da construção civil, como também apresentam resultados que apoiam a estruturação da teoria sobre o PSP na construção civil através da discussão dos seus aspectos estratégicos.

7.2 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O estudo verificou que os modelos existentes de Schramm (2004), Rodrigues (2006) e Souza Neto (2007), mesmo elaborados para tipologias de obras distintas possuem, de forma geral, muitas características em comum. Além disso, as decisões complementares abordadas por esta pesquisa para o PSP permitem induzir que seja possível desenvolver um modelo genérico de PSP para obras de construção civil que aborde os aspectos estratégicos da empresa. Tal modelo poderá ter por base as técnicas de alinhamento estratégico da produção atualmente abordadas pela literatura.

Além desta sugestão, recomenda-se para pesquisas futuras:

- investigar na prática como o uso conjunto das potencialidades dos sistemas LPS, LBMS e TTP pode contribuir para o PSP;
- definir e sistematizar o uso das outras ferramentas gráficas que apoiam o PSP;
- estudar como a teoria de sistemas de produção reconfiguráveis pode ser aplicada na prática ao PSP na construção civil a fim de reduzir a variabilidade dos processos e atender as mudanças do mercado.

REFERÊNCIAS

AKINTAN, O. A.; MORLEDGE, R. Improving the collaboration between main contractors and subcontractors within traditional construction procurement. **Journal of Construction Engineering**, v. 2013, p. 1-11, june 2013.

AKKARI, A. M. P. **Interligação entre o planejamento de longo, médio e curto prazo com o uso de pacote computacional: proposta baseada em dois estudos de caso**. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2003.

ALVES, A. C. N. **A implantação de sistemas de gestão da qualidade na indústria da construção civil segundo os critérios da ISO 9001:2000: adaptações em relação à ISO 9001:1994**. 2001. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, UFF, Rio de Janeiro, 2001.

ALVES, T. C. L. **Diretrizes para a gestão dos fluxos físicos em canteiros de obras: proposta baseada em estudo de caso**. 2000. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2000.

ANGELIM, V.; HEINECK, L. F. M. Implantação da ferramenta linha de balanço em uma obra industrial. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010. p. 1-10.

AQUINO, A. C. S.; RODRIGUES, J. B.; CRUZ, A. L. G. Projeto para produção de revestimento cerâmico de fachadas em edifícios altos: um estudo de caso. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12, 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008.

ARBULU, R.; BALLARD, G. Lean supply systems in construction. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 12, Helsingor, 2004. **Proceedings...** Helsingor: IGLC, 2004, p. 3-5.

ASSUMPCÃO, J. F. P. **Gerenciamento de Empreendimentos na Construção Civil: Modelo para Planejamento Estratégico da Produção de Edifícios**. 1996. Tese (Doutorado em Engenharia) -

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

AZAMBUJA, M.; ALVES, T. C. L.; LEITE, F.; GONG, J. Leveraging building information models to support supply chain decisions in construction projects. In: Construction Research Congress, 2012, Indiana. **Proceedings...** Indiana: WSC, 2012, p. 747-756.

BALLARD, G. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. 192 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade de Birmingham, Birmingham, 2000.

BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. Production System Design in Construction. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 9, 2001, Singapore. **Proceedings...** Singapore: IGLC, 2001.

BALLARD, G.; KOSKELA, L.; HOWELL, G.; ZABELLE, T. Production System Design: Work Structuring Revisited. **White Paper**, v. 11, n. 24, 14 p., 2001a.

BARROS NETO, J. P. Proposta de um modelo de formulação de estratégias de produção para pequenas empresas de construção habitacional. 1999. Tese (Doutorado de Administração) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

BARROS NETO, J. P. Approach for BIM Implementation: A Vision for the Building Industry. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 24, 2016, Boston. **Proceedings...** Boston: IGLC, 2016, p. 143–152.

BARROSO, R. L. **Projeto de elementos do sistema de produção em um empreendimento habitacional de interesse social**. 2007. Trabalho de Conclusão de curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

BARROSO, R. L.; ALVES, T. C. L.; SILVEIRA, R. F. Análise do fluxo de valor de argamassas produzidas em um empreendimento habitacional de interesse social. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 5, 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: CD-ROM, 2007.

BEATRICE, M. C. O. P. **Modelo para gestão de mão de obra subcontratada em construtoras**. 2011. Dissertação (Mestrado em engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2011.

BERNARDES, M. M. S. **Desenvolvimento de um Modelo de Planejamento e Controle da Produção para Micro e Pequenas Empresas da Construção**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2001.

BI, Z. M. Revisiting systemparadigms fromthe viewpoint of manufacturing sustainability. **Sustainability**, v. 3, n. 9, pp. 1323-134, 2011.

BIESEK, G.; ISATTO, E.; FORMOSO, C. T. Implementing Customized Method for the Evaluation of Subcontractors. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester. **Proceedings....** Manchester: IGLC, 2008.

BIOTTO, C. N.; FORMOSO, Carlos Torres; ISATTO, Eduardo Luis. O uso da modelagem BIM 4D no projeto e gestão de sistemas de produção em empreendimentos de construção. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora, 2012.

BONI, A.; PALIARI, J.; SERRA, S. Sistema puxado de planejamento e controle da produção. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014, p. 1-11.

BORTOLAZZA, R. C.; COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T. Análise quantitativa da implementação do sistema Last Planner no Brasil. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 4, 2005, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: 2005.

BRANDENBURG, S. G.; HAAS, C. T.; BYROM, K. Strategic management of human resources in construction. **Journal of Management in engineering**, v. 22, n. 2, p. 89-96, 2006.

BRANDSTETTER, M.; BRAGA, R.; NARCISO, V. Inovações tecnológicas simples e diferenciais de canteiro em obras da cidade de goiânia. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010. p. 1-10.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T.; AVELLAN, T. V. Gestão dos fluxos físicos e sua integração com o planejamento e controle da produção: caso de uma empresa de Salvador-BA. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 3, 2003, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2003.

BULHÕES, I. R.; FORMOSO, C. T. Desenvolvimento e aplicação de ferramentas gráficas para obras de habitação de interesse social. In: Conferência Latino-Americana De Construção Sustentável, 1 / Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. **Proceedings...** São Paulo, 2004, CD-ROM, 14p.

CARDOSO, L. R. A. Metodologia de avaliação de custos de inovações tecnológicas na produção de habitações de interesse social. In: Simpósio Brasileiro de Gestão da Qualidade e Organização do Trabalho, 1, 1999, Recife. **Anais...** Recife: 1999, 10p.

CARDOSO, R. R.; LIMA, E. P.; COSTA, S. E. G. Mudanças organizacionais na adoção de tecnologias avançadas de manufatura. **Production**, v. 20, n. 4, p. 511-523, 2010.

CARNEIRO, A. Q.; MIRANDA FILHO, A. N.; ALVES, T. C. L.; NASCIMENTO, K.; CARNEIRO, R. Q.; BARROS NETO, J. P. Development and evolution of project production systems: the PS-37 case. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 17, 2009, Taipei. **Proceedings...** Taipei: IGLC, 2009.

CARNEIRO, J.; CÂNDIDO, L.; NETO, J. Aplicação do método da linha de balanço em obras industriais: estudo de caso na Petrobras/Lubnor. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15, 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014, p. 1-10.

CHALITA, A.; SOUZA, U. Potencial de redução de perdas incorporadas de argamassa para contrapiso a partir da implementação de projeto para a produção em canteiros de obra. In: Encontro Nacional de

Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010. p. 1-10.

CHINOWSKY, P.; DIEKMANN, J.; GALOTTI, V. Social network model of construction. **Journal of construction engineering and management**, v. 134, n. 10, p. 804-812, 2008.

CHRYSSOLOURIS, G. **Manufacturing systems: theory and practice**. 2 ed. New York: Springer, 2006. 602 p.

COCHRAN, D. S.; ARINEZ, J. F.; DUDA, J. W.; LINCK, J. A decomposition approach for manufacturing system design. **Journal of manufacturing systems**, v. 20, n. 6, p. 371-389, 2002.

COELHO, H. O. **Diretrizes e Requisitos para o Planejamento e Controle da Produção em Nível de Médio Prazo na Construção Civil**. 2003. 135 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

CORRÊA, C. V.; ANDERY, P. R. P. Dificuldades para a implementação de projetos para a produção de alvenaria: um estudo de caso. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 1, p. 104-125, 2006.

CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: Manufatura E Serviços: Uma Abordagem Estratégica**. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CORRÊA, C.; ANDERY, P. Projetos para a produção: oportunidade de implementação de conceitos do DFX. In: Workshop Brasileiro de Gestão do Processo de Projeto na Construção de Edifícios, 7., 2007, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR, 2007. p. 1 - 06.

CORRÊA, H. L.; GIANESI, I. G. N. **Just in Time, MRP II E OPT: Um Enfoque Estratégico**. Editora Atlas SA, 1993.

COSTA, G. S.; BARROS NETO, J. P.; VASCONCELOS, I. A.; SOARES, M. F. Aplicação de um modelo de avaliação de alinhamento estratégico em construtoras cearenses. **Ambiente Construído**, v. 13, n. 3, p. 197- 215, jul./set. 2013.

DAVE, B.; BODDY, S.; KOSKELA, L. Visilean: Designing a production management system with lean and bim. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 19, 2011, Lima. **Proceedings...** Lima: IGLC, 2001.

DIKMEN, I.; BIRGÖNÜL, M. T. Strategic perspective of Turkish construction companies. **Journal of Management in Engineering**, v. 19, n. 1, p. 33-40, 2003.

DUEÑAS, M. P.; FRANCO, L. S. Método para elaboração de projeto para produção de vedações verticais em alvenaria. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 1, p. 126-153, 2006.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. **BIM Handbook**: a guide to building information Modelling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. New Jersey: John Wiley & Sons, 2008.

FABRICIO, M. M.; MELHADO, S. B. O papel do projeto para produção na construção de edifícios. In: NUTAU, 2., 1998, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1998.

FERREIRA, E. A. M.; FRANCO, L. S. Metodologia para elaboração do projeto do canteiro de obras de edifícios. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**, São Paulo, 1998, BT/PCC/210, 20p.

FERREIRA FILHO, A. A. R. **Avaliação de competências para qualificação de profissionais na construção civil**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFF, Rio de Janeiro, 2005.

FIALLO, M.; HOWELL, G. Using production system design and takt time to improve project performance. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

FINE, C. H.; HAX, A. C. Manufacturing strategy: a methodology and an illustration. **Interfaces**, v. 15, n. 6, p. 28-46, 1985.

FIREMAN, M. C. T.; FORMOSO, C.T.; ISATTO, E. L. Integrating Production and Quality Control: monitoring making-do and unfinished

work. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2015, Sidney. **Proceedings...** Sidney: IGLC, 2013.

FREITAS, H.; MOSCAROLA, J. Da observação à decisão: métodos de pesquisa e de análise quantitativa e qualitativa de dados. **RAE eletrônica**, v. 1, n. 1, p. 1-29, 2002.

FREITAS, M.; SANTOS, E. Validation of a system for planning and design of construction site layouts. In: Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção Civil, 4, 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFF, 2009, p. 1 - 7.

FRANCELINO, T. R.; BARROS NETO, J. P. ; TEXEIRA, M. C. ; SOUZA, D. P. ; HEINECK, L. F. M.. Inovações tecnológicas e gerenciais em uma empresa construtora de pequeno porte sem a utilização de tecnologias caras. In: Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006. p. 2302-2311.

FRANDSON, A.; BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. Takt-time planning for construction of exterior cladding. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013.

FRANDSON, A.; BERGHEDE, K.; TOMMELEIN, I. D. Takt-Time Planning and the Last Planner. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings...**Oslo: IGLC, 2014, p. 23-27.

FRANDSON, A. G.; SEPPÄNEN, O; TOMMELEIN, I. D. Comparison between location based management and Takt Time Planning. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 23, 2015, Perth. **Proceedings...** Perth: IGLC, 2015, p. 3-12.

GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da Produção e Operações**. 8ª Ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2001.

GHINATO, O. **Sistema Toyota de Produção**: mais do que simplesmente *just-in-time*. Caxias do Sul: Editora da Universidade de Caxias do Sul, 1996, 175p.

GIL, A. C. **Pesquisa social: métodos e técnicas**. São Paulo: Atlas, v. 5, 1999.

GRADVOHL, R. F.; FREITAS, A. A. F.; HEINECK, L. F. M. Desenvolvimento de um modelo para análise da acumulação de capacidades tecnológicas na indústria da construção civil: subsetor de edificações. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 1, p. 41-51, 2011.

GREEN, S. D. The future of lean construction: a brave new world. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 8, 2000, Brighthton. **Proceedings...** Brighthton: IGLC, 2000, p. 1-11.

GODINHO FILHO, M. **Paradigmas Estratégicos de Gestão da Manufatura: configuração, relações com o Planejamento e Controle da Produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. 2004. Tese de Doutorado – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

GONZALEZ, E. F. **Análise da Implementação da Programação de Obras e do 5S em um empreendimento Habitacional**. 2002. 202p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2002.

GOODRUM, P. M.; HAAS, C. T.; CALDAS, C.; ZHAI, D.; YEISER, J.; HOMM, D. Model to predict the impact of a technology on construction productivity. **Journal of construction engineering and management**, v. 137, n. 9, p. 678-688, 2010.

HALPIN, D. W.; WOODHEAD, R. W. **Design of construction and process operations**. John Wiley & Sons, Inc., 1976.

HAMMAD, A. W.; AKBARNEZHAD, A.; REY, D.; WALLER, S. T. A Computational Method for Estimating Travel Frequencies in Site Layout Planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 142, n. 5, p. 04015102, 2015.

HAMZEH, F. R.; TOMMELEIN, I. D.; BALLARD, G.; KAMINSKY, P. M. Logistics centers to support project-based production in the construction industry. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 15, 2007, Michigan. **Proceedings...** Michigan: IGLC, 2007, p. 181-191.

HARRIS, B.; ALVES, T. C. L. 4D Building Information Modeling and Field Operations: An Exploratory Study. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 21, 2013, Fortaleza. **Proceedings...** Fortaleza: IGLC, 2013, p. 811-820.

HAYES, R.; PISANO, G.; UPTON, D; WHEEKWRIGHT, S. **Produção, Estratégia e Tecnologia**: Em busca da vantagem competitiva. Ed. Bookman, Porto Alegre, 2008.

HEINECK, L. F. M. Estratégias de produção na construção de edifícios. In: Congresso Técnico-Científico de Engenharia Civil, 1996, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 1996, p. 93-100.

HENRICH, G.; TILLEY, P.; KOSKELA, L. Context of production control in construction. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 13, 2005, Sydney. **Proceedings...** Sydney: IGLC, 2005, p. 189-198.

HOLAND, E. P. T.; BARROS, M. M. S. B.; CARDOSO, F. F. A influência dos recursos humanos na estratégia de produção de uma empresa construtora. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ANTAC, 2002.

HOWELL, G. A. New operating system for project management: consequences and opportunities. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 137, n. 10, p. 882-886, 2010.

HOWELL, G.; BALLARD, G. Design of Construction Operations. **White paper 04**. [s.l.]: Lean Construction Institute, 1999.

HOWELL, G.; LICHTIG, W. Lean construction opportunities ideas practices. In: Introduction to lean design workshop, 2008, Seattle. **Proceedings...** Seattle: WSC, 2008.

IBARRA, J. V.; FORMOSO, C. T. Refinamento do controle integrado da produção e qualidade no canteiro com suporte de BIM. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 9, 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2015, p. 657-665.

INMAN, R. R.; BLUMENFELD, D. E.; HUANG, N.; LI, J.; LI, J. Survey of recent advances on the interface between production system design and quality. **IIE transactions**, n. 45, v.6, p. 557-574, 2013.

ISATTO, E. L. **Proposição de um Modelo Teórico-Descritivo para a Coordenação Inter-Organizacional de Cadeias de Suprimentos de Empreendimentos de Construção**. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2005.

ISATTO, E. L.; FORMOSO, C. T.; CESARE, C. M.; HIROTA, E. H.; ALVES, T. C. L. Lean construction: diretrizes e ferramentas para o controle de perdas na construção civil. **Série SEBRAE Construção Civil**, Vol. 5, Porto Alegre, 2000.

JACOBSEN, P.; PEDERSEN, L. F.; JENSEN, P. E.; WITFELT, C. Philosophy regarding the design of production systems. **Journal of manufacturing systems**, v. 20, n. 6, p. 405, 2001.

JOBIM, M.; OLIVEIRA, G.; ROSA, M.; ROMAN, H. Critérios para a seleção tecnológica na construção civil. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 11, 2006, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 2006. p. 2371-2380.

JONGELING, R.; OLOFSSON, T. A method for planning of work-flow by combined use of location-based scheduling and 4D CAD. **Automation in Construction**, v. 16, n. 2, p. 189-198, march 2007.

JONSSON, H., RUDBERG, M. Production System Classification Matrix: Matching Product Standardization and Production-System Design. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 141, n.6, 2015.

KEMMER, S. L.; HEINECK, L. F. M.; ALVES, T. C.L. Using the line of balance for production system design. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 16, 2008, Manchester. **Proceedings...** Manchester: IGLC, 2008, p. 16-18.

KENLEY, R; SEPPÄNEN, O. **Location-based Management for Construction**. Planning, scheduling and control. Spon Press. London and New York, 2010.

KHOSROSHAHI, F.; ARAYICI, Y. Roadmap for implementation of BIM in the UK construction industry. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 19, n. 6, p. 610–635, 2012.

KRAJEWSKI, L. J.; RITZMAN, L. P.; MALHOTRA, M. K. **Administração de produção e operações**. Prentice-Hall, 2009.

KRIPPAEHNE, R. C.; MCCULLOUGH, B. G.; VANEGAS, J. A. Vertical business integration strategies for construction. **Journal of Management in Engineering**, v. 8, n. 2, p. 153-166, 1992.

KOREN, Y.; ULSOY, A. G. **Reconfigurable Manufacturing Systems**. Engineering Research Center for Reconfigurable Machining Systems (ERC/RMS). University of Michigan: Ann Arbor, MI, USA, 1997.
Disponível em:
<http://www.personal.umich.edu/~ykoren/uploads/Reconfigurable_Manufacturing_Systems_-_Report_1.pdf>. Acesso em: 23 ago 2016.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction**. Stanford, EUA: CIFE, 1992. 75p. (Technical Report 72.)

KOSKELA, L.; BALLARD, G. What should we require from a production system in construction. In: ASCE Construction Research Congress, 2003, Honolulu. **Proceedings...** Honolulu: WSC, 2003, p. 19-21.

LAUFER, A.; TUCKER, R. L. Is construction project planning really doing its job? A critical examination of focus, role and process. **Construction Management and Economics**, 5 p. 243-266, 1987.

LENNARTSSON, M.; BJÖRNFOT, A.; STEHN, L. Production Control through Modularisation. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 17, 2009, Taipei. **Proceedings...** Taipei: IGLC, 2009, p. 453-464.

LEITE, F. L.; SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T. Gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social: foco na gestão de requisitos do cliente e no projeto do sistema de produção. **Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, Coleção Habitare, v. 7, p. 208-239, 2006.

LIMA, M.; NARLOCH, T.; MUTTI, C. Projeto executivo de cobertura: um estudo de caso em construtora em Santa Catarina. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014. p. 1-10.

LIRA, A. C. Q.; GOMES, M. L. B.; CAVALCANTI, V. Y. S. L. Modelo de alinhamento estratégico de produção – MAP: contribuição teórica para a área de estratégia de produção. **Production**, v. 25, n. 2, p. 416-427, 2015.

LUCKO, G.; ALVES, T. C. L.; ANGELIM, V. L. Challenges and opportunities for productivity improvement studies in linear, repetitive, and location-based scheduling. **Construction Management and Economics**, April 2014, p. 1–20, 2013.

MADERS, B. **Técnica de programação e controle da construção repetitiva – linha de balanço. Estudo de caso de um conjunto habitacional.** 1987. 181p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 1987.

MACHADO, R. L. **O planejamento de antecipações: uma proposta de melhoria do planejamento da produção de sistemas produtivos da construção civil.** 2003. 226 p, Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia da Produção, UFSC, Florianópolis, 2003.

MAGALHÃES, R. M.; MELLO, L. C. B. B. Os principais problemas relacionados à gestão de subempreiteiros em obras de edificações. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 9, 2015, São Carlos. **Anais...** São Carlos: 2015.

MALONEY, W. F. Strategic planning for human resource management in construction. **Journal of management in engineering**, v. 13, n. 3, p. 49-56, 1997.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. V. **Fundamentos de metodologia científica.** 6ª ed., São Paulo: Editora Atlas, 2006.

MAROSSZEKY, M.; THOMAS, R.; KARIM, K.; DAVIS, S.; MCGEORGE, D. Quality Management Tools for Lean Production - Moving From Enforcement to Empowerment. In: Conference of the

International Group for Lean Construction, 10, 2002, Gramado. **Proceedings...** Gramado: IGLC, 2002.

MATT, D. T. Template based production system design. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 19, n. 7, p. 783-797, 2008.

MELHADO, S. B.; FABRÍCIO, M. M. Projetos da produção e projetos para produção na construção de edifícios: discussão e síntese de conceitos. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: 1998.

MENDES JÚNIOR, R. **Programação da produção na construção de edifícios de múltiplos pavimentos**. 1999. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

MIRANDA FILHO, A.; COSTA, J.; HEINECK, L. F. M.. Relações entre estratégias de produção e motivação para a autonomia. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 5, 2007, Campinas. **Anais...** Campinas: 2007.

MISFELDT, E.; BONKE, S. Quality Control in Lean Construction. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 12, 2004, Helsingor. **Proceedings...** Helsingor: IGLC, 2004.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. Editora Pioneira. São Paulo, 1993.

MOTA, G. R.; SANTOS, M. V. A.; VIEIRA, M. M; HEINECK, L. F. M.; OLIVEIRA, B. B. Princípios de movimentação e armazenagem na construção civil. In: Encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 14, 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de For a: 2012.

MOURA, R. D. S. L. M.; MONTEIRO, J. M. F; HEINECK, L. F. M. Line of Balance – Is It a Synthesis of Lean Production Principles as Applied to Site Programming of Works? In: Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings...** Oslo: IGLC, 2014.

- OLIVEIRA, R. R. **Comunicação e gestão de obras: a dinâmica textos/conversações baseado no estudo de dois empreendimentos habitacionais**. 2010. Tese (doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2010.
- PAIVA, E. L.; CARVALHO JUNIOR, J. M.; FENSTERSEIFER, J. E. **Estratégia de Produção e de Operações: Conceitos, Melhores Práticas e Visão de Futuro**. Porto Alegre: Bookman, 2004.
- PAVEZ, I.; ALARCÓN, L. F. Qualifying people to support lean construction in contractor organizations. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago. **Proceedings...** Santiago: IGLC, 2006, p. 513-524.
- PICCHI, F. A.; AGOPYAN, V. Sistemas de qualidade na construção de edifícios. Departamento de Engenharia de Construção Civil. **Boletim técnico da Escola Politécnica da USP**. São Paulo, 1993.
- PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; MELHADO, S. B. O projeto para produção da alvenaria de vedação como ferramenta para a melhoria da gestão de perda e consumo de materiais. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 3., Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 6., 2013, Campinas. **Anais...** Campinas: 2013, p.696-708.
- PRIVEN, V.; SACKS, R. Impacts of the Social Subcontract and Last Planner System Interventions on the Trade-Crew Workflows of Multistory Residential Construction Projects. **Journal of Construction Engineering and Management**, 04016013, 2016.
- RODRIGUES, A. **O projeto do sistema de produção no contexto de obras complexas**. 2006. 166 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2006.
- RÖSIÖ, C.; SÄFSTEN, K. Reconfigurable production system design—theoretical and practical challenges. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v. 24, n. 7, p. 998-1018, 2013.
- SACKS, R.; KOSKELA, L.; DAVE, B. A.; OWEN, R. Interaction of lean and building information modeling in construction. **Journal of**

construction engineering and management, v. 136, n. 9, p. 968-980, 2010.

SACKS, R.; RADOSAVLJEVIC, M.; BARAK, R. Requirements for building information modeling based lean production management systems for construction. **Automation in construction**, v. 19, n. 5, p. 641-655, 2010a.

SADEGHPOUR, F.; MOSELHI, O.; ALKASS, S. Computer-Aided Site Layout Planning. **Journal of construction engineering and management**, v. 132, n. 2, p. 143-151, 2006.

SAFFARO, F. A.; TRESCASTRO, M. G.; RODRIGUES, A. A.; SCHRAMM, F. K.; FORMOSO, C. T.; HEINECK, L. F. Prototyping contributions for production management in construction. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 14, 2006, Santiago. **Proceedings...** Santiago: IGLC, 2006.

SAN MARTIN, A. P. **Método de avaliação de tecnologias de edificação para a habilitação de interesse social sob o ponto de vista da gestão dos processos de produção**. 1999. 150p. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1999.

SANTOS, D. O.; WEBER, A. O. S.; WEBER, I. O projeto do sistema de produção no contexto de obras de retrofit. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14, 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

SANTOS, L. A. **Diretrizes para elaboração de planos da qualidade em empreendimentos da construção civil**. 2003. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SARGENT, K.; HYLAND, P.; SAWANG, S. Factors influencing the adoption of information technology in a construction business. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 12, n. 2, p. 72, 2012.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. **Planejamento de canteiros de obras e gestão de processos**. Porto Alegre: ANTAC, 2006. v. 3. 110 p.

SAVIGNON, A.; SALGADO, M. S.; LASSANCE, G. Repensando o uso de protótipos na construção de edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 14., 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

SCHÖTTLE, A.; GEHBAUER, F. Incentive systems to support collaboration in construction projects. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 20, 2012, San Diego. **Proceedings...** San Diego: IGLC, 2012.

SCHRAMM, F. K. **O projeto do sistema de produção na gestão de empreendimentos habitacionais de interesse social.** 2004. 180p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2004.

SCHRAMM, F. K. **Projeto de Sistemas de Produção na Construção Civil Utilizando Simulação Computacional como Ferramenta de Apoio à Tomada de Decisão.** 2009. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre, 2009.

SCHRAMM, F. K.; TILLMANN, P. A.; BERR, L. R.; FORMOSO, C. T. Redesigning the production system to increase flexibility in house building projects. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 17, 2009, Tapei. **Proceedings...** Tapei: IGLC, 2009.

SEPPÄNEN, O. A Comparison of Takt Time and LBMS Planning Methods. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings...** Oslo: IGLC, 2014, p. 23-27.

SEPPÄNEN, O.; BALLARD, G; PESONEN, S. The Combination of Last Planner System and Location-Based Management System. **Lean Construction Journal**, v. 6 , n. 1, p. 43-54, 2010.

SEPPÄNEN, O.; MODRICH, R.; BALLARD, G. Integration of Last Planner System and Location-Based Management System. In: Proc. 23rd Ann. Conf. of the Int'l. Group for Lean Construction. Perth, Australia, July 29-31, pp. 123-132, 2015.

SIEW, R. Y. J. Human resource management in the construction industry-Sustainability competencies. **Australasian Journal of Construction Economics and Building**, v. 14, n. 2, p. 87, 2014.

SILVA, C. F. C.; SOUSA, R. V. R.; LORDSLEEM JÚNIOR, A. C.; TAVARES, Y. V. P. Preparação para execução do serviço de alvenaria de vedação: interface projeto/obra. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC, 2008.

SILVA, F. B.; CARDOSO, F. F. A importância da logística na organização dos sistemas de produção de edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7, 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998.

SILVA, F. B.; KATO, C. S; SABBATINI, F. H.; BARROS, M. Sistemas construtivos industrializados para a construção habitacional: análise do canteiro experimental Heliópolis. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: ANTAC, 2010.

SKINNER, W. Manufacturing-Missing Link in Corporate Strategy. **Harvard Business Review**, may-jun 1969, p. 136-145.
SLACK, N.; CHAMBERS, S.; HARLAND, C.; HARRISON, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª edição, São Paulo, Atlas, 2009.

SOUZA, A. L. R.; MELHADO, S. B. O projeto para produção como ferramenta de gestão da qualidade: aplicação às lajes de concreto armado de edifícios. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 7., 1998, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANTAC, 1998. p. 37-45.

SOUZA, R.; ABIKO, A. Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte. **Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP**. BT/PCC/190. São Paulo, v. 335, 1997.
SOUZA NETO, G. **Projeto do Sistema de Produção para construtoras incorporadoras de edifícios multipavimentados**. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) –

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, UEL, Londrina, 2007.

SUCCAR, B. Building Information Modelling Maturity Matrix. **Handbook of Research on Building Information Modeling and Construction Informatics: Concepts and Technologies**. IGI Global, p. 65-103, 2009.

SUKSTER, R. **A Integração entre o Sistema de Gestão da Qualidade e o Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. 2006. 158 f. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia) – Curso de Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, UFRGS, Porto Alegre, 2006.

SULLIVAN, K. T. Quality management programs in the construction industry: Best value compared with other methodologies. **Journal of Management in Engineering**, v. 27, n. 4, p. 210-219, 2010.

THIOLLENT, M. Concepção e organização da pesquisa. **Metodologia da pesquisa-ação**, v. 13, p. 47-72, 1984.

TRAN, N.; RUSSELL, A.; STAUB-FRENCH, S. A framework for construction strategy formulation and visualization. In: ASCE Construction Research Congress, 2012, Purdue. **Proceedings...** Purdue: WSC, 2012. p. 21-23.

TOMMELEIN, I.; LEVITT, R.; HAYES-ROTH, B.; CONFREY, T. SightPlan Experiments: Alternate Strategies for Site Layout Design. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 5, n. 1, p. 42-63, 1991.

TOMMELEIN, I. D.; ZOUEN, P. P. Interactive dynamic layout planning. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 119, n. 2, p. 266-287, 1993.

VENEGAS, P. C. ALARCÓN, L. F. C. Selecting long-term strategies for construction firms. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 123, n. 4, p. 388-398, 1997.

VILLAGARCIA, S.; CARDOSO, F. New supply chain network in Brazil's house construction industry. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 7, 1999, Berkeley. **Proceedings...** Berkeley: IGLC, 1999, p. 26-28.

VOSS, C; TSIKRIKTSIS, N; FROHLICH, M. Case research in operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 195-219, 2002.

VRIJHOEF, R.; KOSKELA, L. The Four roles of supply chain management in construction. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, n. 6, p. 169-178, 2000.

WANBERG, J.; HARPER, C.; HALLOWELL, M. R.; RAJENDRAN, S. Relationship between construction safety and quality performance. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 10, p. 04013003, 2013.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. Rio de Janeiro: Editora Campus Ltda., 1992, 347p.

YASSINE, T.; BACHA, M. B. S.; FAYEK, F.; HAMZEH, F. Implementing Takt-Time Planning in Construction to Improve Work Flow. In: Conference of the International Group for Lean Construction, 22, 2014, Oslo. **Proceedings...** Oslo: IGLC, 2014, p. 23-27.

YIN, R. K. **Estudo de caso. Planejamento e métodos**. 4ª edição, Porto Alegre/RS: Bookman, 2010, 203p.

Referências citadas por meio de *apud*

FREEMAN, L. C.; WHITE, D. R.; ROMNEY, A. K. **Research methods in social network analysis**, George Mason Univ., Fairfax, VA, 1989.

HARRIGAN, K. R. A framework for looking at vertical integration. **Business Strategy**, n. 3, v. 3, p. 30-37, 1983.

KAMARA, J. M.; ANUMBA, C. J.; EVBUOMWAN, N. F. O. Considerations for the effective implementation of concurrent engineering in construction. In: Concurrent Engineering in Construction, 1, 1997, London. **Proceedings...** London: WSC, 1997.

SCHROEDER, R. G. **Operations Management: Decision Making in the Operations Function**. Nova York: McGraw-Hill, 1981.

ANEXO A – ROTEIRO PARA A ENTREVISTA

ROTEIRO PARA A ENTREVISTA

ESTUDO DE CASO – PROJETO DO SISTEMA DE PRODUÇÃO

OBJETIVO: Coletar informações sobre a empresa e entender a maneira pela qual a mesma trabalha seus objetivos estratégicos refletidos na produção.

1) IDENTIFICAÇÃO DA EMPRESA

Nome: _____

Tempo de atuação: _____

Principal seguimento de atuação da empresa: _____

Porte da empresa: _____

2) IDENTIFICAÇÃO DO ENTREVISTADO

Nome: _____

Cargo: _____

Tempo de experiência: _____

3) PERGUNTAS

- A empresa sempre trabalhou com obras de EHIS? Qual o motivo pela escolha desse mercado?
- Quais prioridades competitivas a empresa considera relevante para a concorrência no mercado? Elas são difundidas na equipe?
- O que é valorizado pelos clientes destas obras?
- Tem existido problemas com atrasos na entrega das obras?
- Quanto a qualidade dos seus produtos, o que considera que tem realizado para alcançar esse objetivo?
- A empresa tem capacidade para executar mais de uma obra simultaneamente?
- A empresa se preocupa em buscar por novas tecnologias que auxiliem os processos produtivos? Quais benefícios procura?
- Porque a empresa tem necessidade de contratação de mão-de-obra terceirizada? Qual critério para a escolha dos subempreiteiros?
- Porque a empresa tem o interesse de fabricar materiais ou componente em vez de comprar fora da empresa?
- Quais as principais dificuldades que levam a empresa a se preocupar com a alteração dos projetos iniciais?
- O que se espera da função produção de sua empresa?
- Quais os pontos fortes e pontos fracos da produção da empresa? O que tem sido realizado para sanar os problemas identificados?