



Citation for published version:

CODINHOTO, R, MINOZZO, D, HOMRICH, M & FORMOSO, C 2003, 'Análise de restrições: definição e indicador de desempenho', Paper presented at III Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção - III SIBRAGEC, Sao Carlos, SP, 16/09/03 - 19/09/03.

Publication date:
2003

Document Version
Publisher's PDF, also known as Version of record

[Link to publication](#)

University of Bath

Alternative formats

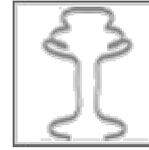
If you require this document in an alternative format, please contact:
openaccess@bath.ac.uk

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.



ANÁLISE DE RESTRIÇÕES: DEFINIÇÃO E INDICADOR DE DESEMPENHO

CODINHOTO, Ricardo (1); MINOZZO, Diego Luis (2); HOMRICH, Maria Carolina (3); FORMOSO, Carlos Torres (4)

- (1) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFRGS – Av. Osvaldo Aranha, n. 99 3º andar – Porto Alegre. CEP 90035-190 – e-mail: codinhoto@cpgec.ufrgs.br
(2) Graduando em Engenharia Civil, auxiliar de pesquisa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFRGS – e-mail: diegomzom@yahoo.com.br
(3) Graduando em Engenharia Civil, auxiliar de pesquisa do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFRGS – e-mail: m.carolina@terra.com.br
(4) PhD, Professor e Pesquisador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da UFRGS – e-mail: formoso@vortex.ufrgs.br

RESUMO

Desde a sua concepção, o modelo de PCP/NORIE (planejamento e controle da produção/Núcleo Orientado para Inovação da Edificação) vem sendo aprimorado por diversos pesquisadores. Este modelo fundamenta-se na redução das incertezas do processo de produção através da hierarquização do planejamento em níveis de longo, médio e curto prazo. O planejamento de médio prazo tem como funções: planejar atividades para uma janela de tempo superior a de curto prazo e identificar as restrições à execução dessas. A identificação e remoção de restrições no tempo adequado são meios utilizados para proteger a produção das incertezas desse processo. Sendo este o foco do trabalho, o objetivo do mesmo é propor uma definição para restrições e um método de cálculo de remoção das mesmas. O método de pesquisa envolveu a realização de um estudo de caso em uma construtora de Porto Alegre – RS e constituiu-se do acompanhamento de reuniões de planejamento de médio prazo, coleta de planos, de listas de restrições e do cálculo do Índice de Remoção de Restrições (IRR). Os resultados mostraram que o monitoramento da remoção das restrições proporcionou o aumento do comprometimento com o planejamento de médio prazo. Como contribuição teórica ao modelo de PCP foi proposta uma definição de restrição.

ABSTRACT

Constraints must be identified at the look ahead planning level and their removal is necessary to create a window of reliability for the production system. Such constraints must be thoroughly identified and monitored. The aim of this paper is to propose a concept for look ahead planning constraints and to suggest a performance indicator for the effectiveness of constraint removal. It is based on the preliminary results of an exploratory case study carried out in medium size construction company from the state of Rio Grande Sul - Brazil. One of the main conclusions of the study is that monitoring the removal of constraints has increased the commitment and effectiveness at the look ahead planning.

Palavras chave: Planejamento e Controle da Produção, Planejamento de Médio Prazo, Restrições.

Keyword: *Production Management and Control, Look Ahead Planning, Constraints.*

1 INTRODUÇÃO

A maior causa das falhas em concluir as metas do plano de curto prazo é a não remoção de restrições (Ballard, 2000). **Restrições são atividades gerenciais, necessidades físicas, financeiras e de informações de projeto que se não disponibilizadas no momento, na quantidade e especificação corretas, impedem a programação dos pacotes¹ de trabalho relacionados às mesmas. Necessitam de um responsável por removê-las, uma data limite para a remoção e uma tarefa a ser executada atribuída a elas.** São exemplos de restrição: entrega de materiais, treinamento, contratação de mão de obra e envio de projeto para produção.

A identificação e remoção das restrições são atividades gerenciais realizadas conjuntamente com o planejamento de médio prazo que requerem controle para serem eficazes. No entanto, os gerentes têm negligenciado o monitoramento na realização da identificação e remoção das restrições.

Desse modo, buscando contribuir para o aumento da eficiência e eficácia do planejamento e controle da produção, nesse artigo são propostas diretrizes para a identificação e monitoramento das restrições e um indicador de desempenho para a avaliação da eficácia no controle da remoção das restrições. Esse indicador foi implementado durante a execução de um empreendimento industrial realizada por uma empresa construtora de médio porte de Porto Alegre. Como contribuição adicional, foram desenvolvidas planilhas eletrônicas para facilitar a coleta, manipulação e a divulgação dos dados.

Planejamento e Controle da Produção

Desde sua concepção, o modelo de PCP do NORIE/UFRGS vem sendo estudado e aprimorado por diversos pesquisadores (Ballard e Howell, 1997; Ballard, 2000; Bernardes, 2001). Segundo Formoso et al. (1999), o modelo de PCP está fundamentado na redução das incertezas através da hierarquização dos planos. Neste modelo é proposta a divisão do planejamento e controle da produção em três níveis hierárquicos: longo, médio e curto prazo.

O planejamento de longo prazo ou *master plan* consiste no primeiro nível de planejamento ao qual cabe o estabelecimento das metas de longo prazo do empreendimento a serem alcançadas. Nesse nível, são estabelecidos os ritmos dos processos, o plano de ataque da obra e as atividades a serem executadas minimamente detalhadas.

O plano de médio prazo, também denominado de *look ahead*, tem a função de vincular as metas fixadas no longo prazo com aquelas designadas no curto prazo (Formoso et al. 1999). Cabe a esse nível, o planejamento das atividades a serem executadas algumas semanas à frente, sendo possível identificar e remover as restrições à execução destas tarefas antecipadamente.

A análise de restrições é realizada nesse nível de planejamento, porém, de acordo com o prazo de execução da obra, essa análise pode ser realizada também no longo prazo para recursos com longo *lead time* de aquisição. Segundo Bernardes (2001), a análise de restrições permite um aumento na continuidade das operações no canteiro, aumentando a eficácia do planejamento.

¹ Conjunto de tarefas similares a serem realizadas, freqüentemente em uma área bem definida, utilizando informações de projeto específicas, bem como material, mão-de-obra e equipamentos, e tendo seus pré-requisitos completados em tempo hábil a execução (CHOO et al., 1999 apud BERNARDES, 2001).

Por fim, o plano de curto prazo tem o papel de orientar a execução da obra. Nesse plano são programadas as atividades para um horizonte de planejamento inferior ao horizonte de médio prazo (habitualmente uma semana). Depois de planejados os pacotes, estes são consensados entre o gerente de planejamento o responsável pela execução do pacote planejado. Para que as atividades programadas no plano de médio prazo sejam incluídas no plano de curto prazo é necessário que as mesmas tenham suas restrições eliminadas (Formoso et al. 1999).

Uso de Indicadores de Desempenho no Planejamento e Controle da Produção

A medição de desempenho tem sido utilizada como fonte de dados que auxiliam o processo de tomada de decisão, ao mesmo tempo em que proporciona dados e informações necessárias para o controle do processo de planejamento (Formoso & Lantelme, 2000). De acordo com Alarcón (1997), é pelo uso de indicadores que se avalia o desempenho do sistema de produção e se estabelecem padrões que, se implementados, podem melhorar a qualidade da informação disponível para a tomada de decisão.

A esse respeito, os indicadores de desempenho devem obedecer alguns critérios fundamentais para assegurar a disponibilidade dos dados e dos resultados obtidos no processo de medição. De acordo com Lantelme (1994), os critérios para o estabelecimento de indicadores são:

- ser de formulação simples, passível de entendimento e compreensão por todas as pessoas envolvidas no processo;
- apresentar um grau satisfatório de representatividade das atividades e resultados gerados;
- ser calculados com dados disponíveis ou facilmente obtidos e, principalmente confiáveis.

Para o modelo de PCP são vários os indicadores de medição de desempenho. Um dos principais indicadores utilizado em nível de curto prazo é o Percentual de Pacotes Completos (PPC), que é obtido através do quociente entre o total de atividades de produção integralmente executadas e o total de atividades programadas. Segundo Oliveira outras medidas podem ser utilizadas, tais como: Percentual do Planejamento Concluído por Subempreiteiro (PPC/S), Projeção de Prazo da Obra (PPO), Desvio de Ritmo (DR), Percentual de solicitações irregulares de material (P_{sem}), Percentual de entregas irregulares de material (P_{mat}), Percentual de atividades iniciadas no prazo (PAP), Percentual de atividades completadas na duração prevista (PDP) (Oliveira, 1999) e Índice de Remoção das Restrições (IRR), proposto neste trabalho.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Para este estudo foi adotada a estratégia de estudo de caso com intervenção, no qual o objeto de análise foi a execução de um empreendimento industrial e a unidade de análise foi o planejamento de médio prazo de produção, em específico a análise de restrições.

De acordo com Yin (1994), o estudo de caso é uma estratégia aplicada quando o pesquisador se defronta com questões do tipo “como” e “por que”, quando tem pouco controle sobre os eventos e o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real.

O presente estudo foi composto pela revisão bibliográfica referente ao tema e pela realização de um estudo empírico. A revisão bibliográfica, realizada durante o estudo empírico, investigou tópicos relacionados ao planejamento e controle da produção e à análise de restrições. O objetivo da revisão foi levantar práticas e problemas encontrados na remoção de restrições. O estudo empírico teve como objetivo analisar as causas do não cumprimento dos planos de curto prazo de produção, a remoção das restrições no plano de médio prazo, e a implementação do IRR e o horizonte de planejamento verificado no médio prazo. As fontes de evidência relacionadas ao planejamento de médio prazo de produção foram os planos de médio prazo, as listas de restrições, o registro do processo realizado pelos pesquisadores e o caderno de campo. No curto prazo, utilizou-se as planilhas de planejamento de curto prazo. Este estudo foi composto de três etapas, sendo elas denominadas planejamento, desenvolvimento e análise, descritas a seguir.

A etapa de planejamento envolveu o levantamento de dados pertinentes ao empreendimento para a caracterização do contexto no qual o estudo foi desenvolvido. Foram levantados dados referentes à relação de profissionais contratados pela construtora e pelo cliente, tipo e escopo de contratação, desenho do sistema de planejamento e controle adotado e ainda informações gerais acerca do próprio empreendimento. Esses dados serviram de suporte à elaboração da modelagem do processo de planejamento e da adequação da intervenção proposta para a pesquisa.

A etapa de desenvolvimento teve como objetivo a coleta de dados, avaliação e análise preliminar dos resultados. As informações e fontes de evidência utilizadas foram coletadas a partir da observação participante, observação direta e coleta de documentos.

Por último, em apoio à etapa de análise, foram realizadas algumas discussões entre os membros do grupo de gerenciamento do NORIE/UFRGS. Nessas discussões foram apresentados os resultados e uma definição para restrições. Esse modo de condução do estudo teve como objetivo aumentar a confiabilidade dos resultados que dependiam da interpretação dos pesquisadores.

DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A construtora **Porto**², fundada em 1983, é uma empresa de médio porte de Porto Alegre que atua no mercado de obras rápidas, em geral contratadas pela iniciativa privada dos setores industrial, hospitalar e comercial. Essa empresa tem realizado nos últimos anos diversos trabalhos com o Grupo de Gerenciamento e Economia da Construção do NORIE/UFRGS. Dentre as intervenções realizadas na construtora, destaca-se a implementação do modelo de Planejamento e Controle da Produção proposto por Formoso et al. (1999). Este modelo vem sendo implementado na empresa desde 1999 e tem sido alvo de vários estudos que visam ao seu aprimoramento e manutenção.

A forma de atuação da construtora **Porto** no mercado da construção civil tem permitido aos pesquisadores do NORIE amplas possibilidades de investigação sobre o PCP. Devido aos arranjos contratuais que a empresa estabelece com seus clientes finais e seus parceiros, bem como a forma como realiza suas obras, é possível o acompanhamento dos empreendimentos em curto espaço de tempo. Dada a velocidade com que acontecem as atividades nestas obras, é possível para os pesquisadores avaliar diferentes questões de pesquisa e interagir de forma intensa com os principais envolvidos no empreendimento em estudo.

² Os nomes das empresas envolvidas, assim como dos empreendimentos são fictícios.

3 ESTUDO DE CASO

A primeira reunião relativa ao estudo foi realizada em junho de 2001 e contou com a participação de um dos diretores da empresa, do gerente de planejamento, do engenheiro da produção e de um grupo de pesquisadores do NORIE. Nessa ocasião, o diretor da construtora **Porto** expôs o histórico da contratação da construtora para a realização de dois laboratórios para a **Plano Petroquímica** (cliente final), denominados laboratório **Catal** e laboratório **Poli**. Devido as características inerentes ao estudo, apenas o empreendimento **Poli** foi estudado.

O empreendimento **Poli** era composto da reforma de uma edificação existente com cerca de 830m² e da ampliação desta em mais 1600m². Nesse empreendimento havia requisitos relacionados à concepção que aumentavam a complexidade do produto. São exemplos desses requisitos, o controle rigoroso de temperatura e umidade e a execução de uma torre com dezesseis metros de pé direito.

Este empreendimento foi objeto de uma concorrência entre várias empresas construtoras. Para a realização das propostas de orçamento e cronograma, essas empresas receberam do cliente final, além do estudo preliminar de arquitetura, a determinação de um prazo para a execução do empreendimento. A **Plano Petroquímica** solicitou à construtora **Porto** várias revisões de orçamento e, por fim, a contratação foi realizada em maio de 2001. O prazo para execução do empreendimento foi de seis meses e incluía o desenvolvimento do projeto arquitetônico e complementares.

A partir da contratação, a construtora **Porto** iniciou as negociações com seus fornecedores, a maioria deles contratados para o fornecimento de subsistemas, ou seja, dentre os serviços prestados estavam incluídos a elaboração do projeto, a fabricação de componentes, em alguns casos fora do canteiro e a sua instalação. Foram contratados os subsistemas de estaqueamento, estrutura de concreto pré-fabricado, estrutura metálica, ar condicionado, instalações elétricas, instalações hidrossanitárias e instalações para exaustão e utilidades (instalações para gases, produtos químicos e água não-potável).

Nesse empreendimento, foi acordado entre os participantes que o planejamento deveria seguir uma subdivisão hierárquica em três níveis. O plano de longo prazo desenvolvido na fase de orçamento deveria ser atualizado conforme a necessidade. Já o planejamento de médio prazo de produção deveria ocorrer semanalmente, sendo produzido um plano para um horizonte de três semanas à frente. Quanto ao planejamento de curto prazo de produção, este deveria ser realizado semanalmente e dois dias após a realização da reunião de médio prazo. Por último, as reuniões de planejamento de curto prazo de projeto deveriam acontecer semanalmente e um dia após a reunião de médio prazo de produção. As relações entre esses planos estão apresentadas de forma simplificada na figura 1.



Figura 1 – Relação entre os níveis de planejamento

A coordenação das reuniões do planejamento de médio prazo da produção foi exercida pelo gerente de planejamento da empresa. Além desse gerente, participavam dessas

planejamento proposto (semanal), que adicionalmente tornou possível avaliar a abrangência do horizonte planejado. A descrição das classes propostas é apresentada a seguir:

- **Anterior:** restrições que não foram removidas no prazo previsto, e que por isso tiveram sua data limite reprogramada;
- **Extra:** restrições identificadas nas reuniões de planejamento de modo emergencial, e que deveriam ser removidas até a data de realização da reunião de curto prazo;
- **S1:** restrições com data limite de remoção na primeira semana do horizonte de planejamento;
- **S2:** restrições com data limite de remoção na segunda semana do horizonte de planejamento;
- **S3:** restrições com data limite de remoção na terceira semana do horizonte de planejamento;
- **Excedente:** restrições com data limite de remoção além do período do horizonte de planejamento.

Cálculo do IRR

Dada a importância em remover as restrições da primeira semana do horizonte de planejamento e do horizonte de planejamento igual a três semanas, para este estudo, foram propostas duas formas para o cálculo do IRR. Por serem complementares denominou-se IRR combinado o índice composto pelo IRR_{S1} (semana 1) e IRR_T (Total).

O IRR_{S1} (1) é obtido pela razão entre o número de restrições da primeira semana removidas pelo número de restrições planejadas para o mesmo período. Já o IRR_T (2) é obtido pela razão entre o número de restrições removidas ao final do ciclo de planejamento de médio prazo e o número de restrições planejadas para o mesmo período. As respectivas fórmulas de cálculo do IRR_{S1} e do IRR_T estão apresentadas abaixo:

$$IRR_{S1} = \frac{R_{RS1}}{R_{S1}} \quad (1) \qquad IRR_T = \frac{R_R}{R_T} \quad (2)$$

Em que:

- **IRR_{S1} :** Índice de Remoção de Restrições da Semana 1;
- **R_{RS1} :** Número de restrições da primeira semana que foram removidas;
- **R_{S1} :** Número de restrições planejadas para a primeira semana;
- **IRR_T :** Índice de Remoção de Restrições Total;
- **R_R :** Número de restrições removidas ao final de um ciclo de planejamento;
- **R_T :** Número de restrições planejadas para o ciclo de planejamento.

RESULTADOS

A primeira análise, realizada quanto ao não cumprimento dos planos de curto prazo, corroboram o trabalho de Ballard (1997). Após a análise dos resultados obtidos, foi

possível observar que cerca de 41,5% das causas do não cumprimento estava relacionada à não remoção das restrições (Figura 4).

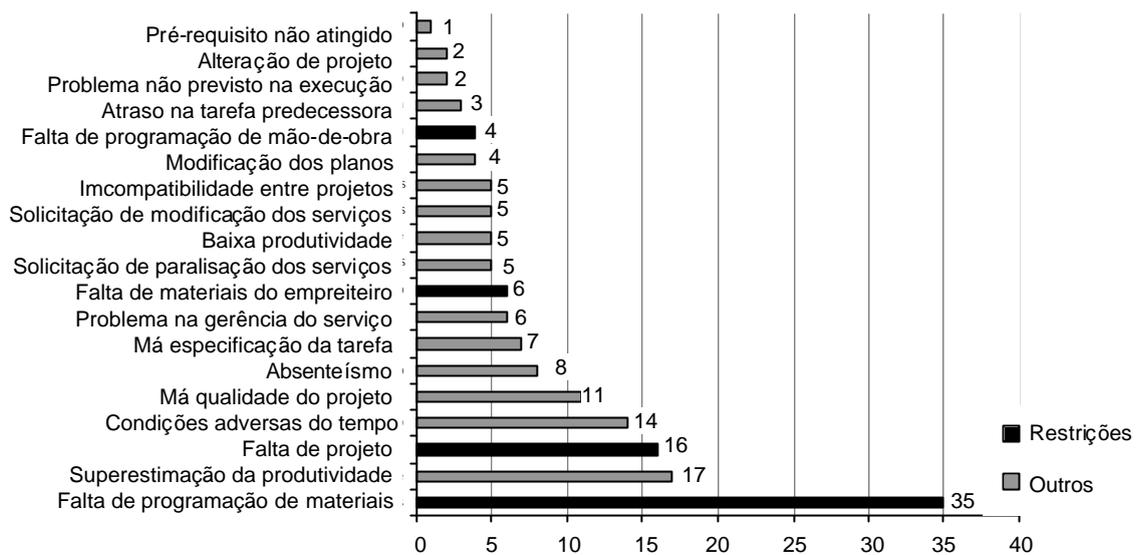
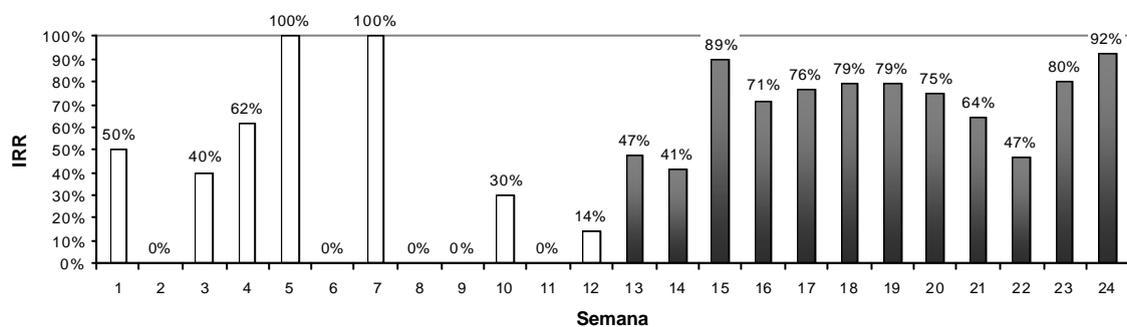


Figura 4 – Causas do não cumprimento dos planos de curto prazo

Em relação à remoção das restrições, foi possível observar que no período anterior a implementação do indicador (anterior à semana 13) os valores do IRR combinado obtidos não apresentavam regularidade na remoção (figura 5). A média de remoção foi em torno de 30% com coeficiente de variação em torno de 1. A partir da implementação, a média aumentou para cerca de 70% e o coeficiente de variação reduziu para cerca de 0,25.



Antes da implantação: Média: 34,07% coeficiente de variação:1,07
Depois da implantação: Média: 72,25% coeficiente de variação:0,22

Figura 5 – IRR_{S1} semanal

Comparativamente, os resultados obtidos para o IRR_{S1} foram em sua maioria superiores aos resultados do IRR_T (figura 7). Isso ocorreu devido ao gerente da obra eliminar preferencialmente as restrições prioritárias à liberação dos pacotes de trabalho no planejamento de curto prazo. Também ocorreu devido ao número de restrições programadas para a primeira semana do horizonte de planejamento ter sido maior que para as semanas seguintes, conforme figura 8.

Como mencionado, a construtora **Porto** adotou o horizonte de três semanas para o planejamento de médio prazo. Entretanto, verificou-se que as restrições eram planejadas para um horizonte de até cinco semanas, extrapolando a janela de planejamento, e que a maior parte das restrições foi planejada para primeira e segunda semana (figura 8).

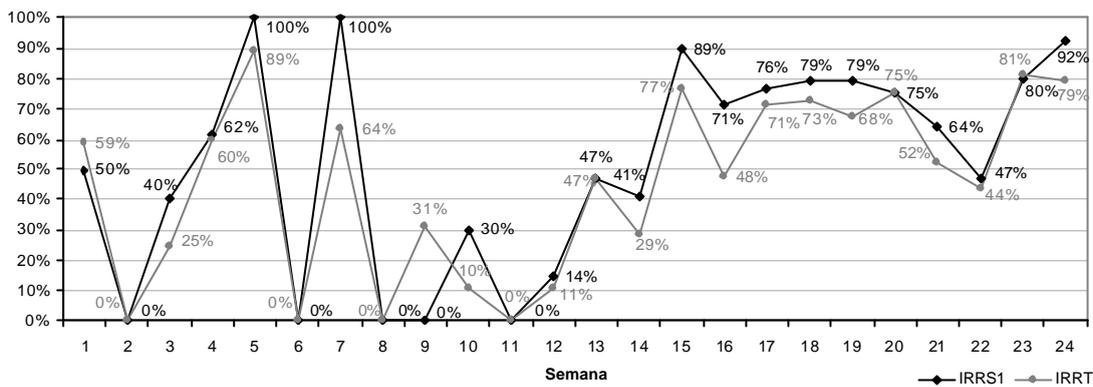


Figura 7 – comparativo entre IRR semana 1 versus IRR total

A esse respeito, observou-se que os gerentes apresentam dificuldades na elaboração do plano de médio prazo. Uma das dificuldades está relacionada ao fato de que o gerente consegue visualizar com clareza apenas as tarefas para um curto horizonte de planejamento. Para a análise de restrições, além da não visualização para longos horizontes de planejamento, constatou-se que os gerentes têm dificuldades em identificar todas as restrições relacionadas às tarefas independentemente do prazo.

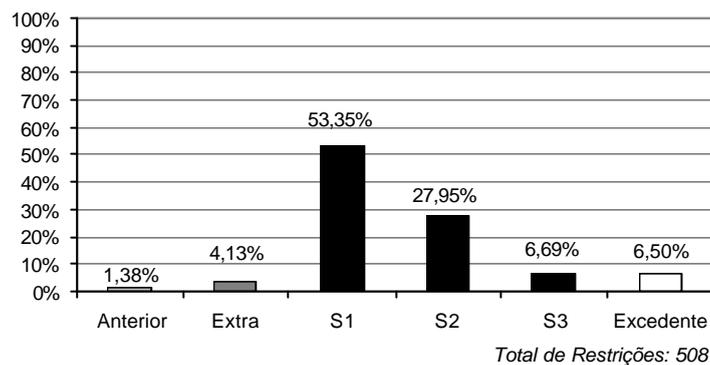


Figura 8 – Distribuição das restrições pelo horizonte de planejamento

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através deste estudo, foi possível constatar que método adotado para o cálculo do índice de remoção de restrições atende aos requisitos de simplicidade de cálculo e compreensão dos resultados, representatividade e facilidade na obtenção dos dados. Quanto à coleta dos dados, recomenda-se que seja realizada com a mesma periodicidade do planejamento de curto prazo e, se possível, adjunto à uma função gerencial já existente na rotina da empresa.

Através da observação dos dados referentes à evolução do IRR semanal percebeu-se que após o início do monitoramento o gerente de obra passou a dedicar maior empenho em remover restrições, uma vez que o indicador passou a gerar informações sobre o trabalho do mesmo. No entanto, apesar do aumento da média e redução da variabilidade, observou-se que para o IRR houve uma tendência de redução dos valores à medida que se aproximou o final da obra.

Quanto aos indicadores propostos, constatou-se que o IRR_T mede a eficácia do planejamento por que analisa a remoção das restrições para o horizonte de planejamento

utilizado no médio prazo. Por sua vez, o IRR_{S1} , mostra a eficácia do processo de remoção, já que a análise diz respeito a primeira semana desse horizonte.

Percebeu-se também, através da análise dos dados coletados, a tendência de redução do número de pacotes de trabalho disponíveis para inclusão no plano de curto prazo, à medida que o IRR diminui, o que possivelmente acarretará atrasos na produção.

Também é importante salientar que não há relação entre o IRR e o PPC. Os resultados altos ou baixos de IRR têm relação com o número de pacotes possíveis de serem planejados e não se os pacotes foram executados. Isto significa dizer que o PPC não será afetado em função da variação do número de pacotes planejados.

Corroborando os estudos realizados por Ballard (1997), foi possível observar que os gerentes apresentam dificuldades na identificação de restrições para um horizonte superior a três semanas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALARCÓN, L.. **The Importance of Research to Develop Lean Construction**. 1997. In: Seminário Internacional sobre Lean Construction, 2, 20-21 out., 1997, São Paulo. Proceedings... São Paulo: (s.n.).
- BALLARD, H. G.. **Lookahead Planning**: The missing Link in Production Control. In: Annual Conference of the Lean Construction, 5, 1997, Australia. **Proceedings...**, 1997. p. 13-25.
- BALLARD, H. G.. **The Last Planner System of Production Control**. 2000. Thesis (Doctor of Philosophy) - School of Civil Engineering, Faculty of Engineering, The University of Birmingham, Birmingham.
- BALLARD, H. G.; HOWELL, G.. **Shielding Production**: An Essential Step in Production Control. Technical Report no. 97-1, Construction Engineering and Management Program, University of California. 1997.
- BERNARDES, M. M. S.. Desenvolvimento de um modelo de planejamento e controle da produção para micro e pequenas empresas de construção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2001. (Tese de Doutorado).
- FORMOSO, C. T.; BERNARDES, M. M. S.; OLIVEIRA, L. F. M.; OLIVEIRA, K. A.. **Termo de Referência para o Processo de Planejamento e Controle da Produção em Empresas Construtoras**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1999.
- FORMOSO, C. T.; LANTELME, E. M. V.. **A Performance Measurement System for Construction Companies in Brazil**. 2000. International Project Management Journal. Finlândia, v.6, p.54-60.
- LANTELME, E. M. V.. **Proposta de um Sistema de Indicadores de Qualidade e Produtividade para a Construção Civil**. 1994. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- OLIVEIRA, K. A. Z.. **Desenvolvimento e Implementação de um Sistema de Indicadores no Processo de Planejamento e Controle da Produção**. 1999. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- YIN, R. K.. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 2001. Bookman, 2ed. Porto Alegre.

ⁱ Desenvolvidas pelos pesquisadores Kleber Belmonte e Ricardo Codinoto.