



6 a 8 de outubro de 2010 - Canela RS

ENTAC 2010

XIII Encontro Nacional de Tecnologia
do Ambiente Construído

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE RACIONALIZAÇÃO DA ALVENARIA DE VEDAÇÃO EM EDIFÍCIOS MULTIPAVIMENTOS: RESULTADOS OBTIDOS NA CIDADE DE SALVADOR/BA

Alberto C. Lordsleem Jr. (1); Maria Luiza R. Neves (2)

(1) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 445 Madalena, Recife – PE, Brasil – e-mail: acasado@poli.upe.br

(2) Departamento de Engenharia Civil – Escola Politécnica – Universidade de Pernambuco, Rua Benfica, 445 Madalena, Recife – PE, Brasil – e-mail: mluizaneves@yahoo.com.br

RESUMO

Este trabalho surgiu através do conjunto de atividades realizadas na ação “Projeto e Execução da Alvenaria de Vedação com Blocos de Concreto”, promovido pela Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP e a Comunidade da Construção de Salvador/BA. O presente artigo objetiva apresentar os resultados obtidos na avaliação quantitativa do potencial de racionalização da tecnologia construtiva das alvenarias de vedação em edifícios de múltiplos pavimentos, realizada em cinco obras da cidade de Salvador/BA, denominadas de A, B, C, D e E. Para tanto, se utilizou uma metodologia de avaliação quantitativa, através do desenvolvimento de indicadores de desempenho. A metodologia do trabalho consistiu em identificar os requisitos mais relevantes para a racionalização da alvenaria com a finalidade de definir a composição dos sete critérios e componentes a serem utilizados no indicador. Em seguida, procedeu-se a aplicação da metodologia através do preenchimento do questionário (*check-list*) junto aos engenheiros e supervisores das cinco obras participantes. Com base nesses registros, realizou-se a compilação dos resultados de cada obra visando encontrar os 02 indicadores de desempenho representativos da avaliação do potencial de racionalização, o I_{RA} – Indicador de Racionalização Atual, expressando a racionalização existente na obra e o I_{PR} – Indicador do Potencial de Racionalização, expressando quantitativamente quanto a obra ainda tem a racionalizar no seu serviço. A média geral obtida do indicador de racionalização atual (I_{RA}) foi de 57,8%; apenas as empresas B e E obtiveram uma racionalização atual inferior a média. A média alcançada para o indicador do potencial de racionalização das obras participantes foi de 42,20%. Considerando essa média, todas as empresas ainda possuem um potencial para implantação de racionalização construtiva na execução da alvenaria de vedação, sendo a empresa B a que apresentou o maior índice I_{PR} . Os resultados apontaram um nível de racionalização mais elevado para os critérios de “Segurança e ergonomia” e “Planejamento”. Vale ressaltar que a metodologia aplicada consiste numa ferramenta de auxílio aos gerentes identificando ações que conduzam à melhoria da tecnologia construtiva das alvenarias de vedação.

Palavras-chave: Inovação. Racionalização construtiva. Desempenho. Alvenaria de vedação.

1 INTRODUÇÃO

O cenário de competitividade acirrada do mercado da construção tem sido o grande estímulo para que as empresas construtoras invistam na modernização de suas formas de produção, de maneira a obterem o aumento da produtividade dos serviços, a diminuição da rotatividade da mão-de-obra, a redução do retrabalho e a eliminação de falhas pós entrega e, por consequência, a redução dos custos de produção (BARROS; SABBATINI, 2003).

A racionalização construtiva é uma das ações que tem atraído a atenção de muitas empresas construtoras, pois permite uma evolução constante, a partir da própria cultura da empresa, e possui grande sinergismo com outras iniciativas, como, por exemplo, a implantação de sistemas da qualidade (FRANCO, 2010).

Sabbatini (1987) define racionalização construtiva como o conjunto de ações que tem por objetivo otimizar o uso de todos os recursos disponíveis, em todas as fases do empreendimento, desde seu planejamento.

Particularmente, a racionalização através das alvenarias de vedação do edifício, de acordo com Lordsleem Jr. (2000), pode significar uma vantagem relevante para se alcançar o sucesso. De acordo com Paliari (1999), as paredes de alvenaria são os elementos mais freqüentemente empregados no processo construtivo tradicional brasileiro, sendo muitas vezes, responsáveis por parcela expressiva do desperdício verificado nas obras de construção de edifícios.

Conforme Barros (1998), através da racionalização da produção das alvenarias de vedação é possível a redução de custos, o aumento de produtividade e a própria redução de problemas patológicos no conjunto das esquadrias e das instalações hidrossanitárias e nos revestimentos, os quais, juntos, certamente somam de 20% a 40% do custo total dos edifícios.

A racionalização construtiva da alvenaria de vedação pode ser avaliada na obra a partir de indicadores de desempenho. Lordsleem Jr. *et al* (2008) desenvolveram uma metodologia de avaliação quantitativa do potencial de racionalização das alvenarias de vedação, através do desenvolvimento de 02 indicadores de desempenho, o IRA – Indicador de Racionalização Atual, expressando a racionalização existente na obra e o IPR – Indicador do Potencial de Racionalização, expressando quantitativamente quanto a obra ainda tem a racionalizar no seu serviço.

Os indicadores de desempenho vêm se tornando um dos principais instrumentos utilizados pelas empresas para auxiliar na tomada de decisão (COSTA 2003). De acordo com Souza *et al.* (1994), um indicador de desempenho pode ser definido como um resultado atingido em determinado processo ou características dos produtos finais resultantes, referindo-se ao comportamento do processo ou produto em relação a determinadas variáveis, tais como, o custo de determinado processo, lucro, retrabalho, conformidade de produtos.

A medição de desempenho é um elemento essencial para o gerenciamento do desempenho da empresa, pois fornece informações que ajudam no planejamento e controle dos processos gerenciais, possibilitando, ainda, o monitoramento e o controle dos objetivos e metas estratégicas (COSTA, 2003).

Através do processo de medição de desempenho é possível identificar as necessidades de *feedback*, o que pode ser melhorado, sobre o que concentrar a atenção e onde colocar os recursos (SINK; TUTTLE, 1993).

Andrade (2005) afirma que a existência de indicadores de desempenho do processo facilita a detecção de falhas durante a execução do serviço e permite o reconhecimento dos pontos problemáticos, possibilitando um direcionamento das ações a serem adotadas durante a etapa de produção. Ainda segundo a autora a detecção de falhas aumenta as chances de melhoria do desempenho durante a

produção, resultando em ganhos gerenciais e financeiros.

Costa (2003) salienta que a medição tem o papel de orientar a melhoria, indicando sobre o que concentrar a atenção e onde os recursos devem ser disponibilizados para identificar as oportunidades de melhoria ou verificar o impacto das estratégias sobre o desempenho do processo ou da organização.

A partir do diagnóstico da situação tecnológica atual das alvenarias de vedação, comparada as melhores práticas existentes, pode-se avaliar o potencial ainda disponível de melhorias a serem buscadas e/ou implementadas, ou ainda acompanhar o progresso alcançado com novas práticas (COSTA *et al.*, 2005).

Este trabalho surgiu através da ação “Projeto e Execução da Alvenaria de Vedação com Blocos de Concreto”, desenvolvida pela Comunidade da Construção de Salvador e coordenada pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), que utilizou os dois indicadores desenvolvidos por Lordsleem, Neves e Monteiro (2008) para serem aplicados em cinco obras de construção.

2 OBJETIVO

O presente artigo objetiva apresentar os resultados obtidos na avaliação quantitativa do potencial de racionalização da tecnologia construtiva das alvenarias de vedação em edifícios de múltiplos pavimentos, realizada em cinco obras na cidade de Salvador/BA.

3 METODOLOGIA

3.1 Definição dos critérios de avaliação

A pesquisa para avaliação da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação foi fundamentada através da metodologia desenvolvida por Lordsleem Jr, Neves e Monteiro (2008), os quais desenvolveram um questionário (*check-list*) específico, subdividido em sete critérios de avaliação, considerados significantes na racionalização da alvenaria, tais quais:

- critério 1 - Materiais e componentes empregados na produção da alvenaria;
- critério 2 - Recebimento e armazenamento de materiais;
- critério 3 - Mão-de-obra;
- critério 4 - Segurança e ergonomia;
- critério 5 - Projeto da alvenaria de vedação;
- critério 6 - Planejamento de execução da alvenaria;
- critério 7 - Execução da alvenaria.

Cada critério de avaliação possui uma série de itens de verificação, os quais auxiliaram no desenvolvimento das perguntas estabelecidas no questionário, cujas respostas identificaram o nível de racionalização existente da alvenaria de vedação de cada obra.

Além disso, para cada critério foram estabelecidos pesos julgados adequados, de acordo com a relevância para a racionalização da alvenaria, distribuídos de maneira que a soma dos pesos dos sete critérios totalizasse 100%. No Quadro 1 são apresentados os itens de verificação para cada critério de avaliação estabelecido e os pesos atribuídos.

Quadro 1 - Critérios de avaliação, itens de verificação e pesos atribuídos

Critérios de avaliação	Itens de verificação	Peso
Materiais e Componentes	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo (concreto ou cerâmico) e dimensões dos blocos - Utilização de blocos especiais na obra - Forma de produção da argamassa de assentamento e de fixação (manual, argamassadeira, betoneira) - Materiais empregados para a produção da argamassa de assentamento e de fixação - Local de produção da argamassa de assentamento e de fixação (térreo, próprio pav., outro pav.) 	19%
Recebimento e Armazenamento de blocos/tijolos e argamassas	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de ensaio em laboratório (para aceitação do produto relativo à norma técnica) - Existência de local pré-definido no canteiro para recebimento do material - Definição do local para armazenamento dos produtos (definitivo ou necessidade de duplo manuseio) - Existência de dispositivos para a redução de esforços dos operários no descarregamento dos blocos - Material palletizado - Proteção e controle do armazenamento dos produtos 	7%
Mão-de-obra	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de treinamento da mão-de-obra específico de alvenaria - Composição da equipe de produção, de controle e de supervisão 	22%
Segurança e ergonomia	<ul style="list-style-type: none"> - Realização de treinamento da mão-de-obra específico de segurança - Equipamentos de proteção coletiva - Equipamentos de proteção individual - Ergonomia 	4%
Projeto de Alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> - Projeto específico para alvenaria - Caderno de detalhes - Recomendações técnicas 	17%
Planejamento	<ul style="list-style-type: none"> - Planejamento da sequência de execução da alvenaria - Planejamento da quantidade de blocos direcionados ao pavimento - Planejamento do armazenamento dos blocos (próximo ao local de trabalho) 	13%
Execução da Alvenaria	<ul style="list-style-type: none"> - Equipamentos de transporte para os materiais (do armazenamento/produção ao posto de trabalho) - Equipamentos de controle - Equipamentos de produção - Formas de fixação vertical alvenaria/pilar e alvenaria/alvenaria - Preparação para esquadrias - Preparação da superfície da estrutura e locação da primeira fiada - Preenchimentos das juntas verticais de alvenaria - Colocação de tela ou ferro-cabelo - Fixação horizontal superior alvenaria/alvenaria ou alvenaria/laje 	18%
TOTAL		100%

Para o preenchimento do questionário, a maioria das perguntas deveria ser respondida através de “sim” ou “não”. Apenas o critério “materiais e componentes” era respondido com respostas relativas aos tipos de componentes utilizados, local e forma de produção dos componentes. Após o desenvolvimento do questionário, os critérios de pontuação para cada pergunta foram definidos.

3.2 Definição da pontuação dos critérios de avaliação

Para cada resposta do questionário atribuíam-se uma pontuação, variável de 0 a 1, de acordo com o grau de relevância para a racionalização da alvenaria, buscando obter-se uma média de pontos para cada critério de avaliação.

A pontuação estabelecida para cada critério de avaliação é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Pontuação estabelecida para cada critério de avaliação

Crítérios de avaliação	Questões	Resposta	Pontuação
Materiais e componentes	Questões 7 e 11	Betoneira	0,5
		Argamassadeira	1
		Manual	0
	Questões 8 e 12	Térreo	0
		No pavimento	1
		Outro pavimento	0,5
	Questões 9 e 13	Cim+cal+areia	1
		Argamassa industrializada	1
		Cim+areia	0
Recebimento e armazenamento de blocos/tijolos e argamassas	Questões de 1 a 7	N (não)	0
		S (sim)	1
Mão de obra	Questões de 1 a 3	N (não)	Prática menos eficiente: 0 Prática intermediária: 0,5 Prática mais eficiente: 1
		S (sim)	
Segurança e ergonomia	Questões de 1 a 7	N (não)	0
		S (sim)	1
Projeto de alvenaria	Questões 1 e 2	N (não)	0
		S (sim)	1
Planejamento	Questões de 1 a 5	N (não)	0
		S (sim)	1
Execução da alvenaria	Questões 3, 5, 6, 7 e 12	N (não)	Prática menos racional: 0 Prática intermediária: 0,5 Prática mais racional: 1
		S (sim)	
	Questões 1, 4, 8, 9, 10 e 11	N (não)	0
		S (sim)	1
	Questão 2	N (não)	Variável de 0 até 1 de acordo com a prática mais racional
		S (sim)	

Após todas as perguntas do questionário respondidas e os respectivos pontos atribuídos, se calculou uma média da pontuação relacionada a cada critério de avaliação (I_N) para ser utilizada na composição dos indicadores de desempenho.

3.3 Indicadores de desempenho utilizados

Foram utilizados na pesquisa os dois indicadores de desempenho desenvolvidos por Lordsleem, Neves e Monteiro (2008), o Indicador de Racionalização Atual (I_{RA}), expressando quantitativamente a caracterização do atual estágio da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação da obra, e o Indicador do Potencial de Racionalização (I_{PR}), expressando quantitativamente a caracterização do potencial de melhoria da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação da obra.

As equações 1 e 2 apresentam a composição das fórmulas de obtenção do I_{RA} e I_{PR} , respectivamente.

$$I_{RA} = (I_1.P_1 + I_2.P_2 + I_3.P_3 + I_4.P_4 + I_5.P_5 + I_6.P_6 + I_7.P_7) \times 100 \quad (\text{eq. 1})$$

I_{RA} – indicador de racionalização atual;
 I_N – média aritmética de cada critério avaliado;
 P_N – peso atribuído a cada critério.

$$I_{PR} = 100\% - I_{RA} \quad (\text{eq. 2})$$

I_{PR} – indicador do potencial de racionalização;
 I_{RA} – indicador de racionalização atual;

Observa-se na equação 1 o I_N , o qual corresponde a média aritmética de cada um dos critérios avaliados e o P_N correspondendo aos pesos atribuídos a cada critério. Desta forma, o somatório do I_N com o respectivo P_N multiplicado por 100 fornecerá, em percentagem, o indicador de racionalização atual da obra.

A equação 2 fornece o percentual do potencial de racionalização, ou seja, o que a obra necessita racionalizar buscando atingir o melhor índice. Para encontrar o I_{PR} , é necessário diminuir o I_{RA} de 100%, como visualizado na equação 2.

3.4 Aplicação da metodologia de avaliação

A metodologia foi aplicada em 05 obras de diferentes empresas construtoras da cidade de Salvador-BA. As empresas e obras participantes da pesquisa foram codificadas por letras maiúsculas (A; B; C; D e E), visando preservar a identificação das mesmas.

As empresas participantes da pesquisa fazem parte da Comunidade da Construção de Salvador, programa coordenado pela associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) e possuem a certificação de qualidade ISO 9000. As obras pesquisadas foram edificações residenciais de múltiplos pavimentos, com estrutura de concreto armado e estavam na fase de alvenaria.

Para a aplicação da metodologia de avaliação, o engenheiro supervisor e o engenheiro residente da obra coletavam e forneciam espontaneamente as informações necessárias, através de um questionário cada. Com base nesses registros, tirava-se a média obtida dos questionários preenchidos, visando encontrar os 02 indicadores de desempenho representativos da avaliação do potencial de racionalização da obra.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Os resultados da pesquisa serão apresentados em forma de tabelas e gráficos, sempre que adequado, para sintetizar as informações coletadas junto às empresas.

O Quadro 3 apresenta a média da racionalização atual de cada critério de avaliação das cinco empresas participantes da pesquisa e de acordo com este Quadro.

A obra que apresentou os maiores índices de racionalização atual, em relação aos critérios de avaliação foi a obra C, nos critérios “recebimento e armazenamento”, “mão-de-obra” e “armazenamento”, sendo que neste último a obra atingiu o índice de 100%. A obra E atingiu 100% de racionalização atual nos critérios “segurança e ergonomia” e “projeto de alvenaria”. Entretanto, foi a obra que obteve os menores índices, nos critérios “materiais e componentes”, “recebimento e armazenamento”, “mão-de-obra” e “planejamento”.

Vale ressaltar o índice de racionalização atual de 0% no critério “projeto de alvenaria” da obra B, na qual não desenvolve o projeto para produção deste serviço.

Quadro 3 - Média da racionalização atual de cada critério de avaliação

I _N	Critérios de avaliação	Obras				
		A	B	C	D	E
I1	Materiais e componentes	50%	29%	33%	17%	17%
I2	Recebimento e armazenamento	70%	57%	71%	57%	57%
I3	Mão-de-obra	58%	58%	65%	60%	55%
I4	Segurança e ergonomia	81%	90%	87%	83%	100%
I5	Projeto de alvenaria	88%	0%	90%	90%	100%
I6	Planejamento	90%	88%	100%	80%	40%
I7	Execução	55%	38%	43%	53%	48%

O gráfico da Figura 1 ilustra a média geral dos sete indicadores I_N, obtidos nas cinco obras participantes da pesquisa.

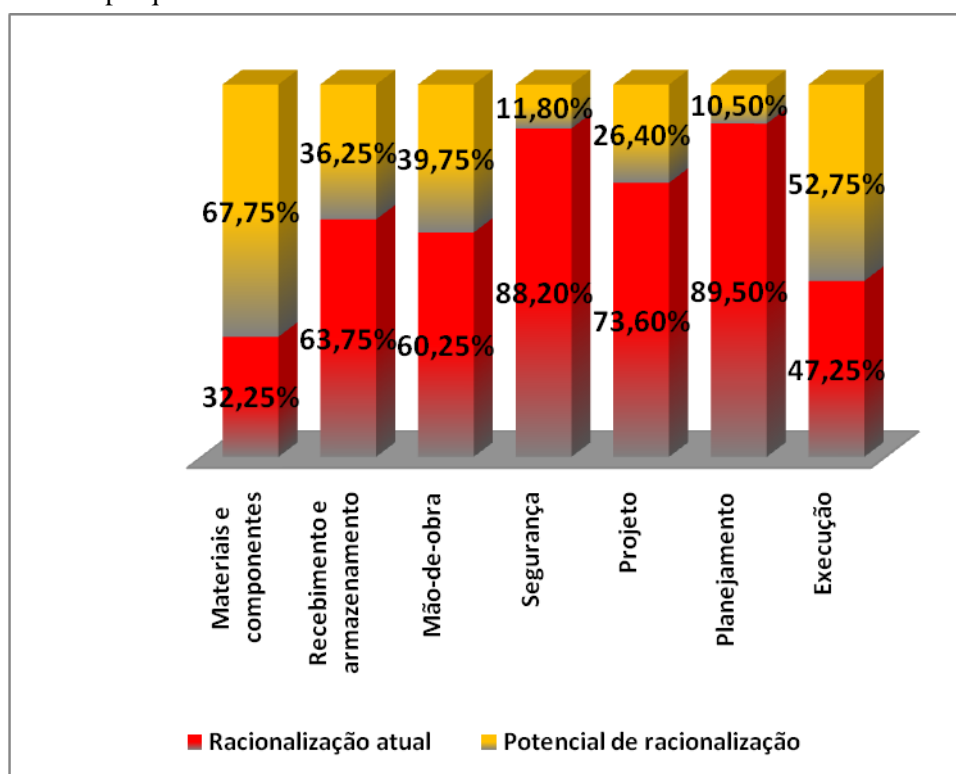


Figura 1 – Média geral dos indicadores I_N

Pode-se observar que o resultado geral apresentado na Figura 1 aponta um maior potencial de racionalização para o item de verificação “Materiais e Componentes” e “Execução da alvenaria” e um nível de racionalização atual mais elevado no item de verificação “Segurança e ergonomia” e “Planejamento”.

O fato do maior potencial de racionalização incidir sobre os itens “Materiais e Componentes” e “Execução da alvenaria” pode estar associado à prática local ainda incipiente na utilização de equipamentos específicos para preparação da argamassa.

Recomenda-se a utilização de argamassadeira para a produção de argamassa, devendo ser utilizada no próprio pavimento da execução do serviço, o que pode gerar um aumento da produtividade.

O fato do maior nível de racionalização atual incidir sobre o item “Segurança e ergonomia” e “Planejamento” pode estar associado às exigências da empresa nas fases de concepção do produto e integração do projeto com a obra (interface projeto/obra), as quais devem auxiliar a etapa de execução do serviço.

Além disso, este resultado também pode estar associado às exigências da Norma Regulamentadora NR-18 (Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção) e do Sistema de Gestão da Qualidade da empresa, certificada pela norma NBR ISO 9001:2008.

O gráfico da Figura 2 apresenta a média do potencial de racionalização e da racionalização atual de cada obra, associada a todos os critérios analisados, assim como a média geral do conjunto de obras, como forma de obter um parâmetro de comparação da média de cada obra com a média geral obtida.

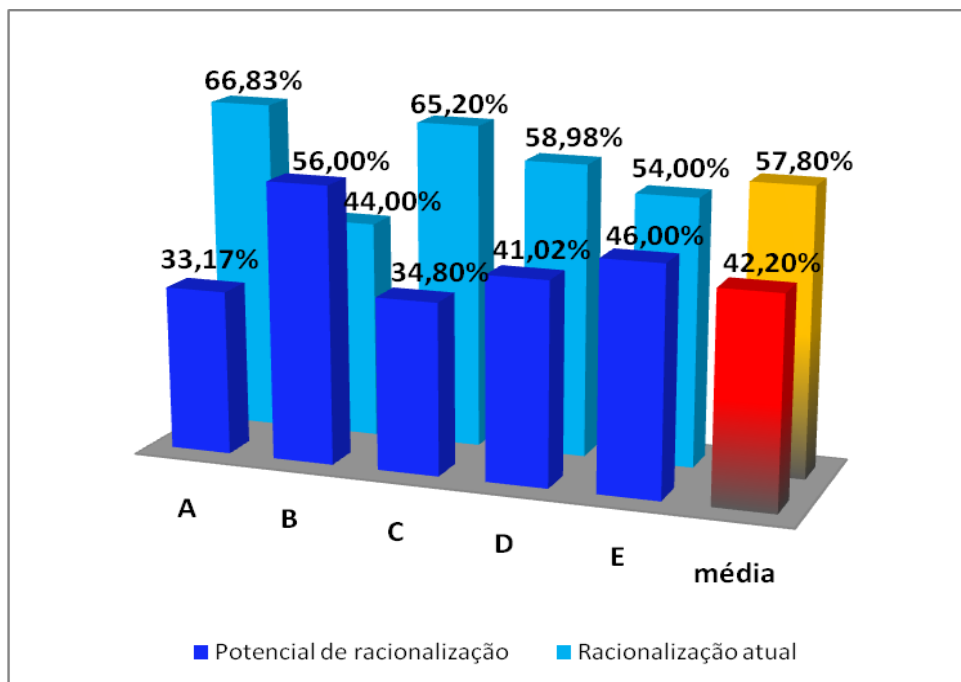


Figura 2 - Média geral dos Indicadores, I_{PR} (potencial) e I_{RA} (atual), obtidos em cada obra

A média geral obtida do indicador de racionalização atual (I_{RA}), das cinco obras participantes, foi de 57,8%, conforme apresentado na Figura 2. Esse resultado demonstra um interesse, por parte das empresas, na racionalização do serviço da alvenaria de vedação. Apenas as empresas B e E obtiveram uma racionalização atual inferior à média alcançada

A média alcançada do indicador do potencial de racionalização das cinco obras participantes foi de 42,20%. Considerando a média obtida, todas as empresas ainda possuem um potencial de racionalização (I_{PR}) para alcançarem, sendo a empresa B a que apresentou o maior índice.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia utilizada neste artigo constitui-se de uma ferramenta auxiliar na avaliação quantitativa e qualitativa da tecnologia construtiva da alvenaria de vedação, permitindo ao usuário analisar o potencial de racionalização e indicar as possíveis melhorias para que a empresa possa efetuar a necessária análise. A metodologia deve ser utilizada com critério, merecendo os devidos ajustes em função da experiência em seu emprego e das particularidades de cada obra.

Cabe ressaltar que o indicador pode ser um elemento de busca de inovações tecnológicas, visto que identifica focos específicos de atuação (itens do *check-list*) até então desconhecidos pela empresa.

Pode ainda ser utilizada como *benchmarking*, ou seja, permitir uma avaliação comparativa dos indicadores entre obras de uma mesma empresa (*benchmarking* interno) ou entre obras de empresas

distintas (*benchmarking* externo), buscando um aperfeiçoamento organizacional e a superioridade competitiva.

6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (ABNT). **Sistemas de gestão da qualidade: requisitos**. NBR ISO 9001. Rio de Janeiro, 2008.

ANDRADE, A. C. **Integração de controles relativos à qualidade, prazo e custo: aplicação à alvenaria**. São Paulo, 2005. 201 p. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

BARROS, M.M.S.B. O processo de produção das alvenarias racionalizadas.... In: Seminário Vedações Verticais, 1. **Anais**. São Paulo: GEPE TGP, 1998. p. 21-48.

BARROS, M. M. S. B.; SABBATINI, F. H. **Diretrizes para o processo de projeto para a implantação de tecnologias construtivas racionalizadas na produção de edifícios**. 24 p. – Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2003.

COSTA, D. B. **Diretrizes para concepção, implementação e uso de sistemas de indicadores de desempenho para empresas da construção civil**. 176 f. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

COSTA, D. B.; FORMOSO, C. T.; LIMA, H. R.; BARTH, K. B. **Sistema de Indicadores para Benchmarking na Construção Civil: manual de Utilização**. Porto Alegre, 2005.

FRANCO, L. S. **Racionalização Construtiva**. Universidade Federal da Bahia, UFBA, 2010. Disponível em:

<<http://www.gerenciamento.ufba.br/MBA%20Disciplinas%20Arquivos/Inovacao%20Tecnologica/Arquivos%20em%20PDF/Racionalizacao%20Construtiva.pdf>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2010.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e Inspeção de Alvenaria Racionalizada**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2000.

LORDSLEEM JÚNIOR, A.C.; NEVES, M. L. R.; MONTEIRO, E. C. B. Metodologia para a Avaliação do Potencial de Racionalização da Alvenaria de Vedação de Edifícios Multipavimentos.... In: XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**. Fortaleza: ANTAC, 2008. CD-ROM

PALIARI, J. C. **Metodologia para a coleta e análise de informações sobre consumos e perdas de materiais e componentes nos canteiros de obras de edifícios**. 473p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia Civil. São Paulo, 1999.

SABBATINI, Fernando Henrique. Processos construtivos de alvenaria estrutural: técnicas e materiais adequados. In: SIMPOSIO NACIONAL DE TECNOLOGIA DA CONSTRUCAO., São Paulo, 1987. **Uso da Alvenaria Como Estrutura**. São Paulo : Epusp, 1987.

SINK D. S.; TUTTLE, T. C. **Planejamento e medição para performance**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1993.

SOUZA, R. *et al.* **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras**. São Paulo, SEBRAE/SINDUSCON, 1994.

7 AGRADecIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem a FACEPE e CNPq que contribuíram com a bolsa de mestrado para o Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil (PEC) da Escola Politécnica de Pernambuco, a Associação Brasileira de Cimento Portland – ABCP e a Comunidade da Construção de Salvador/BA.