

ALVENARIA RACIONALIZADA NA CONSTRUÇÃO ENXUTA: VIABILIDADE E BENEFÍCIOS EM EDIFÍCIOS – UM ESTUDO DE CASO NO CABO DE SANTO AGOSTINHO

Matheus Pereira de Paula

Mpp@discente.ifpe.edu.br

Annielli Araújo Rangel da Cunha

Anniellirangel@recife.ifpe.edu.br

RESUMO

A indústria da construção tem enfrentado desafios persistentes em relação à eficiência, produtividade e qualidade. Nesse contexto, a aplicação de princípios da construção enxuta tem ganhado destaque como uma abordagem com potencial para melhorar o desempenho do setor. Este artigo apresenta um estudo de caso sobre a viabilidade e os benefícios da utilização de alvenaria racionalizada no contexto da construção enxuta. Os princípios foram aplicados em uma obra residência de alto padrão com 80 unidades, na cidade de Cabo de Santo Agostinho, no estado de Pernambuco. Os estudos dessa pesquisa indicam que os princípios de alvenaria racionalizada aplicados contribuem para a redução de perdas na construção, em comparação com a alvenaria convencional.

Palavras-chave: Alvenaria racionalizada; construção; qualidade; produtividade.

ABSTRACT

The construction industry has faced persistent challenges regarding efficiency, productivity and quality. In this context, the application of lean construction principles has gained prominence as an approach with potential to improve the sector's performance. This article presents a case study about the feasibility and benefits of using rationalized masonry in the context of lean construction. The principles were applied in a high-end residential project with 80 units, in the city of Cabo de Santo Agostinho. The results of this research indicate that the principles applied were promising for reducing losses caused by 'making do' in the construction industry, compared to conventional masonry.

Keywords: Rationalized Masonry; construction; quality; productivity.

1 INTRODUÇÃO

No cenário nacional, a indústria da construção civil ocupa um lugar bastante representativo na economia. A construção pode ser considerada um bom parâmetro para investimentos e emprego. Segundo a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC, 2021), 7% do PIB brasileiro é oriundo da construção civil.

Mesmo ainda sendo visto como um setor relativamente tradicional, a alta competitividade do mercado e novos conceitos de gestão de obras fazem com que a construção civil venha avançando nos últimos anos e modernize seus processos internos, visando uma maior lucratividade e um produto final com mais qualidade. Nesse contexto, emerge o conceito de construção enxuta, ganhando espaço no mercado com a racionalização das etapas construtivas. É um modelo que vem adaptando técnicas produtivas oriundas do sistema Toyota de produção, separando as atividades em processos com foco na produtividade e um menor índice de perdas. Entre as etapas construtivas, a execução de alvenaria, serviço escolhido nessa pesquisa por sua representatividade na produção de obras em geral, representa algo entre 2,1% e 13,4% do custo total da construção nas edificações, conforme a revista Construção Mercado (2015).

Esse processo, por ser basicamente artesanal, depende muito da qualidade da mão-de-obra e do material utilizado, sendo mais favorável ao erro, representando cerca de 17% de perda de blocos cerâmicos e de até 113% de argamassa de assentamento, (PINHO; LORDSLEEM JR., 2009).

Na construção enxuta, as perdas são categorizadas de acordo com o desperdício de recursos que não contribuem para o valor final do produto ou serviço. Os principais tipos de perdas na construção enxuta são:

- Perdas por superprodução: quando produzimos além do necessário;
- Perdas por tempo de espera: ociosidade por espera de material, informações ou equipamentos;
- Perdas por transporte: movimentações excessivas dentro do canteiro, resultando em atrasos e danos;
- Perdas por processamento inadequado: ocorre por ineficiência durante os processos executivos;
- Perdas por superprodução

Santos et al. (2020), considera as perdas na construção civil como problemas recorrentes, causando impactos nos custos, segurança e qualidades das obras.

De acordo com Koskela (2004), a perda por *making-do* ocorre quando uma atividade ocorre sem as condições necessárias, seja com ausência de materiais, mão-de-obra ou equipamentos. Ao se trabalhar o conceito de making do e eliminar essas perdas promove-se o melhor aproveitamento dos recursos disponíveis, otimizando processos e buscando soluções eficientes. Logo, a eliminação de perdas permite um aumento na produtividade e do controle de insumos dentro do canteiro de obras.

O modelo racionalizado inicia com um planejamento na execução da parede, onde todo o processo é projetado para a minimização de erros e perdas durante a etapa construtiva.

No entanto, as paredes de alvenaria convencional ainda são os elementos mais comuns no processo construtivo, sendo responsáveis por uma parcela significativa no desperdício de materiais, que elevam o custo e afetam o orçamento final. As perdas de tijolos/blocos podem chegar em torno de 15 e 20% (AGOPYAN et al., 2009). A alvenaria é diretamente ligada a outros serviços posteriores como as instalações elétricas, hidráulicas, esquadrias e revestimentos. A minimização de erros na execução do serviço, gera impactos positivos futuros no andamento da obra. O método racionalizado surge visando um melhor gerenciamento da mão de obra, controle de materiais, organização do local de trabalho e um produto com mais qualidade.

O objetivo desse trabalho é apresentar a viabilidade e benefícios da alvenaria racionalizada como uma estratégia para eliminar as perdas por making do na execução de obras.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa foi conduzida utilizando uma abordagem qualitativa com uma ênfase explicativa. Para alcançar o objetivo proposto, foram adotados métodos de revisão bibliográfica e estudo de caso. A revisão bibliográfica proporcionou uma compreensão aprofundada dos conceitos, teorias e pesquisas existentes relacionados à alvenaria racionalizada e sua aplicação na construção enxuta. Em seguida, um estudo de caso foi realizado em um projeto de construção de grande escala, envolvendo observação direta do processo construtivo e análise de documentos relevantes, por um período de um mês, durante a execução de um pavimento de 4 apartamentos e com dados de obras anteriores presentes em planilhas e bancos de dados com o mesmo período de execução. Essa abordagem qualitativa permitiu uma análise das práticas construtivas, experiências e fatores que influenciam a adoção da alvenaria racionalizada na construção enxuta em comparação ao método convencional.

Posteriormente foram descritas as atividades, ferramentas e materiais utilizados. É parte do escopo desse texto, introduzir um dos métodos utilizados nos novos conceitos de tecnologia no setor da construção civil com a metodologia de construção enxuta.

2.1 CARACTERIZAÇÃO DA OBRA

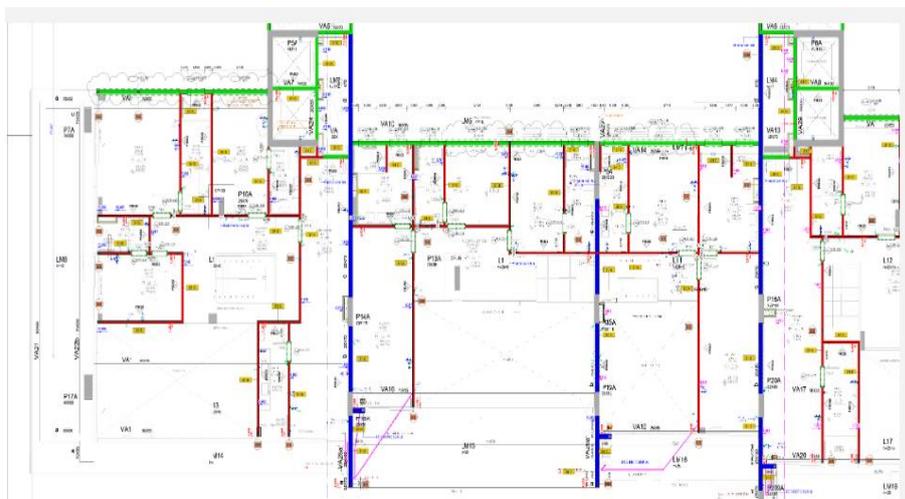
A pesquisa envolveu uma obra localizada na Reserva do Paiva, no município do Cabo de Santo Agostinho - Pernambuco. O projeto engloba a construção de 3 torres residenciais de alto padrão, com 9 pavimentos ao total, sendo 2 torres com 4 unidades por andar e 1 torre com 2 unidades, totalizando 80 unidades.

A obra está sendo construída sob uma fundação de sapatas isoladas, que é um tipo comum de fundação que consiste na escavação do solo até a profundidade adequada, seguida pela colocação de formas para montagem da ferragem e contenção do concreto, após o tempo de cura, a estrutura foi seguida em cima das

sapatas. As lajes são do tipo nervuradas com algumas vigas protendidas, que permitem vãos maiores, com redução do peso próprio da estrutura e facilitação do embutimento dos sistemas de instalação.

A alvenaria foi projetada para que os sistemas posteriores de serviços estejam conectados entre si, como as instalações elétricas e hidráulicas, com locação de pontos de tomadas, passagem de conduítes entre os blocos, locação de tubulações de dreno, entre outros. O projeto conta as medidas de vãos de esquadrias de vidro e portas de madeira, com as devidas cotas para instalação em sequência.

Figura 01: Projeto de Alvenaria da obra



Fonte: Autor (2024)

O contrapiso, por padrão da construtora, é feito após a marcação da alvenaria do pavimento, com a aplicação de manta acústica com as devidas tubulações embutidas antes da execução, o contrapiso é feito por bombeamento.

Durante a execução do serviço de elevação de alvenaria de vedação, foram analisados, os reais impactos na produtividade da mão de obra, perdas e qualidade do produto final. Sendo utilizados os seguintes meios como instrumentos:

- Análise dos procedimentos executivos de elevação de alvenaria convencional e racionalizada;
- Documentos de inspeção dos serviços;
- Análise da produtividade da mão de obra através de medições, controle de materiais através das notas fiscais e análise da organização do local de trabalho
- Para análise das perdas e gerar o comparativo entre os resíduos gerados optou-se por um levantamento amostral com a finalidade de quantificar as perdas;

Figura 02: Planta baixa - Térreo geral



Fonte: Autor (2024)

Figura 03: Imagem aérea da obra



Fonte: Autor (2024)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O sistema de vedação projetado foi o de alvenaria com blocos normatizados com furos nas vertical, nas dimensões de 9x19x39 cm, 11,5x19x39 cm para as vedações internas e 14x19x39 cm e 19x19x39 cm para as vedações externas. Faz parte do escopo do projeto, a paginação dos blocos, locação das instalações elétricas, descrição dos locais de amarração e blocos canaletas.

O sistema de qualidade da construtora tem como diretriz, que antes do início da atividade, seja realizado um treinamento com a equipe sobre o procedimento executivo padronizado da empresa, no procedimento são descritos os materiais utilizados, as condições iniciais do serviço e a sequência das atividades. O serviço inicia com a definição do profissional que irá realizar a marcação da alvenaria e locação dos eixos X e Y de partidas, a partir do eixo todas as paredes são locadas, posteriormente, a equipe do contrapiso executa o serviço e após a conclusão o apto está liberado para a equipe de pedreiros iniciar as elevações internas e externas.

A partir do PES (Procedimento de Execução de Serviço), são montadas as FVS (fichas de verificação do serviço), onde toda atividade realizada é conferida pela equipe administrativa. Nas FVS, são descritas as etapas, os métodos de conferências e tolerâncias aceitas, qualquer desvio é sinalizado para a equipe executiva realizar reparos imediatos antes do funcionário iniciar a atividade em outro local.

Faz parte do sistema racionalizado, o modelo de distribuição dos materiais em cada pavimento, a partir de levantamentos realizados pela administração, as quantidades de materiais necessários são definidas e movimentadas para os pavimentos de acordo com a necessidade, evitando assim perdas na produtividade por deslocamentos desnecessários da mão de obra e por falta ou excesso de material no apartamento.

Para isso é utilizado o método KANBAN, que é um sistema ágil de gestão da produção ou de tarefas de maneira visual, derivado do modelo de produção da Toyota, como o objetivo de melhorar a eficiência e a qualidade da linha de produção. O sistema do Kanban implementado na construtora conta com um quadro de logística e com os cartões de materiais controlados. O quadro Heijunka Box relaciona os pavimentos com os horários de expediente, assim o funcionário responsável pela logística consegue visualizar o local e o horário que o material vai ser necessário. Cada tipo de material possui seu cartão com as devidas especificações, a equipe de engenharia entrega ao funcionário os cartões com os materiais necessários para execução da atividade, feito através de levantamentos, a partir da entrega o funcionário fica responsável pelo posicionamento do cartão no local necessário no quadro e o material é entregue de acordo com a necessidade.

Essa ferramenta, além de auxiliar na produção, suprimindo a falta de material e evitando deslocamentos, permite um controle mais eficaz do estoque, pois o mesmo é atualizado de maneira mais organizada e real de com os materiais que são distribuídos nos pavimentos durante o dia, todos esses dados alimentam o controle dos materiais pelo almoxarifado.

Figura 04: Quadro Heijunka Box

	07:00h	08:00h	09:00h	10:00h	11:00h	12:00h	13:00h	14:00h	15:00h	16:00h	17:00h
C											
7											
7M											
8											
5											
4											
3											
2											
1											
M											
T											
S											

Fonte: Autor (2024)

Figura 05: Cartões de materiais



Fonte: Autor (2024)

3.1 FERRAMENTAS E EQUIPAMENTOS

- Linha de náilon para demarcar o eixo de marcação;
- Carrinho para transporte dos blocos;
- Escantilhão e galgas;
- Caixotes para argamassa;
- Régua de nível;

- Prumo;
- Utilização de paletas para colocar argamassa nos blocos;
- Uso de vergas e contra-vergas pré-moldadas;

3.2 PRODUTIVIDADE

Segundo Souza (2006), para mensurar a produtividade deve-se utilizar o indicador RUP (Razão unitária de produção), que relaciona o esforço Humano, expresso em homem x hora com a quantidade de serviço.

Para análise da produtividade optou-se pelo levantamento das razões unitárias de produção diária de acordo com a proposta de Souza (2006), as metas foram calculadas de acordo com o índice de produtividade do profissional, no caso dos pedreiros de alvenaria, foram realizadas medições ao final do dia. Esse número foi utilizado para preenchimento da planilha que relacionada a quantidade de funcionários x quantidade de serviço x horas trabalhadas, onde foi encontrada uma média de 9 m² de alvenaria por cada profissional. Com esse cálculo é dimensionado o número de equipes e as metas mensais, além da distribuição do material, a fim de evitar acúmulos desnecessários e atrasos por falta de abastecimento no local.

Thomas e Smith (1990, apud ARAÚJO e SOUZA, 2000) descrevem que existem dois tipos de fatores que influenciam a produtividade da mão-de-obra. Um se refere ao conteúdo do trabalho e abrange aspectos como componentes físicos, especificações requeridas e detalhes de projeto. E segundo leva em consideração o ambiente de trabalho e compreende fatores como disponibilidade de materiais e ferramentas, condições atmosféricas e sequência de trabalhos, fatores que levam vantagem quando relacionados ao modo de produção racionalizado.

Tabela RUP

Coleta de dados - Alvenaria									Data	
Dia	Equipe		Diária		Acumulado	Produtividade				
	Profissional	Ajudante	QS (m ²)	Ts (H)	QS (m ²)	Rup diária (H/M ²)	RUP Acumulada (H/M ²)	RUP Potencial (H/M ²)	Produção Potencial (M ² /DIA)	PROD. DIÁRIA (M ² /DIA)
08/06/2023	1	1	18	8	18	0,44	0,44	0,43	20,27	18,00
09/06/2023	1	1	19,3	8	37,3	0,41	0,43			19,30
10/06/2023	1	1	18,6	8	55,9	0,43	0,43			18,60

Fonte: Autor (2023)

A RUP diária, é quantificada a partir do número de Hh (homem x hora) e Qs (quantidade de serviço) relativos ao dia de trabalho, a RUP cumulativa, é referente ao período de análise e a RUP potencial é quantificada a partir da mediana dos valores encontrados da RUP diária que foram menores ou iguais a RUP cumulativa, esse indicador apresenta um bom desempenho possível de ser atingido. A quantidade de serviço apresentada foi o m² produzido diariamente, com as medições realizada no final do expediente.

De acordo com dados da construtora, a média de metragem diária de execução no método convencional é de aproximadamente 14m² por dia de serviço, levando em consideração o expediente completo sem o horário de almoço, como a quantidade de serviço diária é utilizada para folha de pagamento e de planejamento de prazo de execução, optou-se em utilizar como indicador para embasar a escolha do método racionalizado.

3.3 PERDAS

Para Santos et al (1996) qualquer processo que utilize recursos humanos, recursos materiais ou equipamentos em quantidades superiores às necessárias à produção deve ser considerado desperdício, ou seja recursos que resultam em custos sem gerar valor.

Mutti et al (1999) destaca que a perda de material físico está relacionada a um custo e que essas perdas são resultado de quando o material é utilizado para outro propósito ao qual foi projetado ou então quando é utilizado em quantidades superiores às necessárias para a execução do projeto.

Segundo levantamento feito Moretti (2016), o volume total de entulho foi de 1m³ após a execução de 95,5m² de alvenaria convencional, comparando com 0,6m³ gerados pela alvenaria racionalizada, mesmo com resultado próximo, a pilha de entulho era predominantemente de argamassa.

Em relação a perda de produtividade por atividades que não agregam valor, o método racionalizado também levou vantagem, como por exemplo no tempo perdido com cortes na alvenaria para passagens de tubulações e quebras de blocos para adequação. Com o bloco normatizado e os princípios enxutos aplicados, o pedreiro de elevação já encontra o bloco de marcação com as localizações dos pontos elétricos e outras instalações necessárias, embutindo a tubulação por dentro do bloco normatizado.

3.4 QUALIDADE FINAL

A qualidade final na alvenaria racionalizada foi mais satisfatória do que a convencional. Uma série de fatores, como a padronização dos blocos influenciam no aspecto final, além de atender melhor aos itens de inspeção, como o nivelamento, prumo, espessura das juntas, vãos de portas e janelas e o aspecto final do ambiente.

O pavimento com o aspecto mais limpo e menor quantidade de resíduos, permitiu um melhor armazenamento dos materiais necessários e em áreas de movimentação mais desimpedidas.

Os resultados deste estudo revelam diferenças significativas entre a alvenaria convencional e a alvenaria racionalizada em termos de eficiência e perdas relacionadas ao 'making do'. A alvenaria convencional, caracterizada pelo uso de métodos e materiais tradicionais de assentamento, mostrou-se mais suscetível a

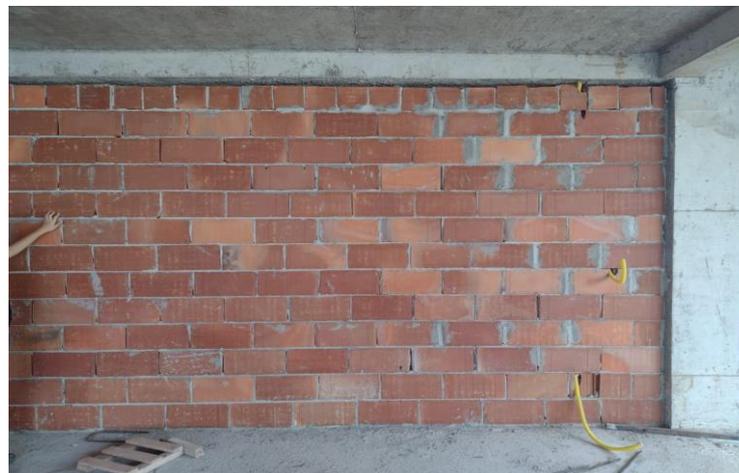
desperdícios, retrabalhos e tempos ociosos. Por outro lado, a alvenaria racionalizada, com a utilização de blocos pré-fabricados e sistemas de montagem eficientes, apresentou vantagens claras na redução dessas perdas.

A utilização de blocos pré-fabricados na alvenaria racionalizada resultou em uma maior precisão dimensional e encaixe perfeito das peças, minimizando a necessidade de cortes e ajustes no local. Isso contribuiu para uma redução significativa do desperdício de materiais, além de agilizar o processo construtivo. Em contraste, a alvenaria convencional, levou a variações dimensionais e maior geração de entulho.

Outro aspecto importante foi a coordenação entre as equipes envolvidas. Na alvenaria convencional, a falta de comunicação e sincronização entre os trabalhadores resultou em atrasos e retrabalhos, aumentando as perdas por "making do". Já na alvenaria racionalizada, a padronização dos processos e a utilização de sistemas de montagem eficientes facilitaram a integração das equipes, resultando em uma maior eficiência operacional e menor incidência de erros.

Esses resultados dessa pesquisa indicam que a adoção da alvenaria racionalizada pode trazer benefícios significativos para a redução das perdas na construção, quando comparada à alvenaria convencional. A alvenaria racionalizada permite um processo construtivo mais preciso, eficiente e colaborativo, resultando em uma menor quantidade de resíduos, retrabalhos e tempos ociosos.

Figura 06-07: Alvenaria Racionalizada e Convencional





Fonte: Autor (2023)

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, este estudo destaca a alvenaria racionalizada como uma abordagem promissora para a redução de perdas causadas pelo 'making do' na indústria da construção, em comparação com a alvenaria convencional. Além disso, a coordenação aprimorada entre as equipes e a padronização dos processos contribuíram para uma maior eficiência e produtividade.

No entanto, é importante ressaltar que a transição da alvenaria convencional para a alvenaria racionalizada pode exigir mudanças na cultura organizacional, treinamento adequado e colaboração efetiva entre os envolvidos no processo construtivo.

Ao adotar essa abordagem, a indústria da construção pode alcançar ganhos significativos em termos de eficiência operacional e qualidade construtiva.

A implementação bem-sucedida dessa estratégia requer a colaboração e o compromisso de todas as partes interessadas, incluindo projetistas, empreiteiros, fornecedores.

REFERENCIAS

ABRAINCC – Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias. **A importância da Construção Civil para impulsionar a economia brasileira.** 28 de Junho de 2021.

AGOPYAN, V.; Souza, U.E.L.; Paliari, J.C.; Andrade, A.C. **Alternativas para redução do desperdício de materiais nos canteiros de obra.** Porto Alegre: ANTAC, 2003.

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Fatores que influenciam a produtividade da alvenaria: detecção e quantificação.** São Paulo, 2000.

FONTENELE, A; SANTOS, É.; MACHADO, A.; AMARAL, T.; BARROS NETO, J. **Perdas por MAKING-DO: Um estudo de caso em canteiros de obras de Fortaleza/CE.** In: XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais. Porto Alegre, 2020.

KOSKELA, L. **Making-do: the eighth category of waste.** In: 12th INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION ANNUAL CONFERENCE, 2004. Anais...Elsinore:IGLC,2004

MORETTI, M. **Subsídios para a escolha da vedação vertical: produtividade, consumo de materiais e qualidade final da execução de alvenaria convencional e racionalizada.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

MUTTI, C. N.; LIBRELOTTO, L. I.; OLIVEIRA, P. V. H.; BAIOTTO, A. C. **Redução do desperdício em canteiros de obras - um estudo para a grande Florianópolis.** ENEGEP, Florianópolis, 1999.

PINHO, S.A.C; LORDSLEEM Jr., 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 materiais¹.** In: III Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, VI Encontro de Tecnologia de Informação e Comunicação na Construção, 2013, Campinas, São Paulo

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E.; LANTELEM, E. **Método de intervenção para a redução de perdas na construção civil: manual de utilização.** Porto Alegre, SEBRAE/RS, 1996.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão-de-obra: manual de gestão da produtividade na construção civil.** 1ed. São Paulo, PINI, 2006.

THOMAS, H.R.; SMITH, G.R.; SANDERS, S.R.; MANNERING, F.L. **An exploratory study of productivity using the factor model for masonry**. Pennsylvania, Pennsylvania Transportation Institute, 1990.