

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
ENGENHARIA CIVIL
CAMPUS APUCARANA**

LUCAS ZANOTTA DE SOUZA

**ANÁLISE DA MÃO-DE-OBRA NA EXECUÇÃO DE
ALVENARIA CONVENCIONAL: PRODUTIVIDADE,
CONSUMO E DESPERDÍCIO DE MATERIAIS**

**APUCARANA
2019**

LUCAS ZANOTTA DE SOUZA

**ANÁLISE DA MÃO-DE-OBRA NA EXECUÇÃO DE
ALVENARIA CONVENCIONAL: PRODUTIVIDADE,
CONSUMO E DESPERDÍCIO DE MATERIAIS**

Monografia apresentada como parte dos requisitos necessários para aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador(a): Prof^ª. Dr^ª. Silvia Paula Sossai
Altoé

APUCARANA
2019



TERMO DE APROVAÇÃO

**Análise da mão-de-obra na execução de alvenaria convencional:
produtividade, consumo e desperdício de materiais.**

por

Lucas Zanotta de Souza

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado aos 25 de novembro de 2019, às 14:30 horas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, do Curso Superior em Engenharia Civil da UTFPR – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi arguido pela banca examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profª Drª Silvia Paula Sossai Altoé – ORIENTADORA

Profª Drª Adriana Macedo Patriota Faganello – EXAMINADORA

Profª Me. Sarah Honorato Lopes da Silva – EXAMINADORA

“A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”.

À minha família e amigos pelo constante apoio e incentivo ao longo desta caminhada.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ivete e Valdemir, por sempre apoiarem minhas escolhas, pelo suporte de sempre e por me mostrarem que nem sempre o melhor caminho é o mais fácil, mas que no final todo esforço vale a pena. A minha irmã Bianca, por toda amizade, pelo apoio, compreensão, pelos ensinamentos e por me incentivar sendo sempre melhor do que eu e me instigando a dar mais de mim em tudo. Ao meu pequeno irmão Davi, pela esperança renovada do novo começo de uma vida e pelo carinho já oferecido por um ser tão pequeno.

À Professora Dra. Silvia pela brilhante orientação, por todas as reuniões que sempre me mostravam um novo caminho a percorrer para alcançar meus objetivos. Por todas as dicas e contribuições que me fizeram ver que eu posso ir muito além do que eu imaginava e me ajudaram a chegar até aqui no desenvolvimento deste trabalho. Por ser um grande exemplo que seguirei em minha carreira acadêmica.

Aos meus amigos Aiyane, Beatriz, Guilherme, Iago, João Fernando, José Henrique, José Marcos, Leonardo, Letícia e Robert pela importância de todos ao longo desta jornada. Agradeço pelos grupos de estudos, pelos debates que sempre nos acrescentava em alguma coisa, pela presença nos momentos mais difíceis em que pude contar com todos, enfim, pelos momentos que vivenciamos nestes cinco anos que nos tornaram uma grande família longe de casa.

Aos membros do Centro Acadêmico de Engenharia Civil (CAEC).

A todos os colegas de classe que sempre se fizeram presentes e que me acompanharam nesta importante etapa da vida.

Aos professores que com toda sua dedicação em cada aula ministrada me capacitaram a chegar até aqui com uma visão mais aberta, com mais conhecimento e capacidade de continuar seguindo meu caminho de estudos com sucesso.

Aos funcionários da UTFPR pela disposição e dedicação em todos os momentos. Aos funcionários da limpeza, do restaurante universitário, da segurança, da biblioteca, do núcleo pedagógico, enfim, todos. Cada um desempenha um papel fundamental, no qual toda a Universidade depende do bom trabalho de todos para ser um ambiente ideal e agradável ao nosso estudo.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná pela estrutura proporcionada ao nosso ensino e pela constante busca em excelência no cenário da educação nacional, o que nos agrega como pessoa e como profissional, nos deixando muito orgulhosos de termos passado esse período especial da graduação neste lugar.

Ninguém pode construir em teu lugar as pontes que
precisarás passar, para atravessar o rio da vida -
ninguém, exceto tu, só tu.

Friedrich Nietzsche

RESUMO

SOUZA, L. Z. **Análise da mão-de-obra na execução de alvenaria convencional: produtividade, consumo e desperdício de materiais.** 2019. 78 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Apucarana, 2019.

O grande desenvolvimento da construção civil está promovendo um maior aprimoramento das atividades do setor. Este promove uma mudança no pensamento sobre obras, em seus métodos de gerenciamento e planejamento. A mão-de-obra é um fator que possui relevância quando relacionada ao planejamento, pois com ela pode-se ter variações de prazos, custos e qualidade. Assim, neste estudo, foi realizada uma análise da produtividade da mão-de-obra para a realização do serviço de alvenaria convencional, estudando também seus consumos de materiais e desperdícios a fim de determinar seu rendimento, quantidade de material utilizada, resíduos gerados e seu custo. Após a obtenção dos dados, através de comparações com índices de produtividade da TCPO, pôde-se determinar quão eficaz foi a produtividade da equipe; com a análise dos projetos e a quantidade de materiais utilizadas, pôde-se determinar o consumo de materiais e também através da entrada de materiais e quantidade de serviços executados, determinou-se os indicadores de desperdício. Os valores de RUP cumulativa para os pedreiros variou de 0,38 Hh/m² a 0,63 Hh/m², para o servente, variou de 0,19 Hh/m² a 0,41 Hh/m². O consumo unitário de tijolo foi de 16,71 un/m², o de cimento 189,47 kg/m³, de cal hidratada foi de 151,58 kg/m³ e o de areia foi de 0,76 m³/m³. A composição gravimétrica obtida apresentou 63% de tijolos e 37% de argamassa. O desperdício de materiais foi de 2,23% para os tijolos, 4,37% para o cimento, 4,36% para a cal hidratada e 6,17% para a areia. O índice de perda de materiais para a execução da alvenaria foi de 0,0024 m³/m². A comparação de custo apresentada teve uma variação para os pedreiros de 20,75% mais baratos em relação aos valores estabelecidos pela TCPO e 554,32% mais baratos do que a SINAPI; para o servente, os valores foram 18,75% mais barato do que a TCPO e 114,06% mais barato que a SINAPI. Comparando os valores obtidos com a TCPO, observou-se que os serviços apresentaram valores positivos e foi possível relacionar os bons resultados com as ferramentas e os métodos de trabalho da equipe, possibilitando a melhor compreensão dos fatores que influenciam da produtividade, no consumo de materiais e nos desperdícios que ocorrem nas obras.

Palavras-chave: Produtividade. Gestão de recursos. Razão unitária de produção.

ABSTRACT

SOUZA, L. Z. **Analysis of labor in the execution of conventional masonry: productivity, consumption and waste of materials.** 2019. 78 f. Course Conclusion Paper (Bachelor of Civil Engineering) - Federal Technological University of Paraná. Apucarana, 2019.

The great development of civil construction is promoting a further improvement of the sector's activities. This promotes a change in thinking about works, their methods of management and planning. Labor is a factor that has relevance when related to planning, because it can have variations in terms, costs and quality. Thus, in this study, an analysis of labor productivity was performed for the performance of the conventional masonry service, also studying its material consumption and waste in order to determine its yield, amount of material used, waste generated and cost. After obtaining the data through comparisons with TCPO productivity indices, it was possible to determine how effective the team productivity was; With the analysis of the projects and the amount of materials used, it was possible to determine the consumption of materials and also through the input of materials and the amount of services performed, the indicators of waste were determined. Cumulative RUP values for masons ranged from 0.38 Hh / m² to 0.63 Hh / m², for the janitor ranged from 0.19 Hh / m² to 0.41 Hh / m². The unit consumption of brick was 16.71 un / m², cement 189.47 kg / m³, hydrated lime 151.58 kg / m³ and sand 0.76 m³ / m³. The gravimetric composition obtained presented 63% of bricks and 37% of mortar. Material waste was 2.23% for bricks, 4.37% for cement, 4.36% for hydrated lime and 6.17% for sand. The rate of material loss for masonry was 0.0024 m³ / m². The cost comparison presented had a variation for bricklayers of 20.75% cheaper compared to the values established by TCPO and 554.32% cheaper than SINAPI; for the servant, the values were 18.75% cheaper than TCPO and 114.06% cheaper than SINAPI. Comparing the values obtained with the TCPO, it was observed that the services presented positive values and it was possible to relate the good results with the tools and the working methods of the team, allowing a better understanding of the factors that influence the productivity, in the material consumption. and the waste that occurs in the works.

Keywords: Productivity. Resource management. Unit ratio of production.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Juntas de amarração	17
Figura 2 - Juntas de amarração das fiadas da parede de meia vez.....	17
Figura 3 - Detalhe das fiadas da parede de meia vez.....	17
Figura 4 - Ligação pilar-alvenaria	18
Figura 5 - Composição de alvenaria de vedação e argamassa produzida in loco.....	20
Figura 6 - Composição de alvenaria de vedação e argamassa industrializada	21
Figura 7 - Composição de alvenaria de vedação e argamassa preparada em betoneira	21
Figura 8 - Relação do dimensionamento da equipe com a programação da obra	24
Figura 9 - Relação do efeito aprendizagem	26
Figura 10 - Localização do município de Apucarana.....	34
Figura 11 - RUP PED d	42
Figura 12 - RUP PED c	42
Figura 13 - RUP's PED	43
Figura 14 - Produtividade do pedreiro (Hh/m ²).....	44
Figura 15 - RUP PED c x Indicadores da TCPO.....	45
Figura 16 - Ferramentas de aplicação de argamassa	45
Figura 17 - Recorte da alvenaria para colocação das contra vergas	46
Figura 18 - Recorte da alvenaria para colocação das vergas	46
Figura 19 - Recorte para ligação da alvenaria com a laje nervurada.....	47
Figura 20 - RUP SER d	49
Figura 21 - RUP SER c	49
Figura 22 - RUP's SER	50
Figura 23 - Produtividade do servente (Hh/m ²).....	50
Figura 24 - RUP SER c x Indicadores da TCPO.....	51
Figura 25 - Posicionamento dos tijolos e argamassa próximos ao serviço	51
Figura 26 - Produtividade direta para equipe de 2 OFC + 1 SER (Hh/m ²)	52
Figura 27 - RUP DIR c x Indicadores	54
Figura 28 - CUM Tijolos	57
Figura 29 - CUM Cimento e Cal Hidratada	58
Figura 30 - CUM Areia	59
Figura 31 – Resíduos gerados em um dia de serviço	61
Figura 32 – Percentual da composição gravimétrica.....	62

Figura 33 – Utilização dos resíduos na obra.....	62
Figura 34 – Telas para alvenaria.....	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos resíduos por órgão	31
Quadro 2 - Composição gravimétrica de diferentes estudos	31
Quadro 4 - Indicadores calculados	40
Quadro 4 - Fatores que influenciam na produtividade da mão-de-obra	43
Quadro 5 - Fatores que influenciam no consumo de blocos cerâmicos	57
Quadro 6 - Fatores que influenciam no consumo de argamassa	60

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Índices de perdas de blocos/ tijolos por autor	14
Tabela 2 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas, e RUP's do pedreiro.....	41
Tabela 3 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas e RUP's do servente.....	48
Tabela 4 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas e RUP's direta.....	53
Tabela 5 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas e RUP's global	55
Tabela 6 - Quantidade de materiais, de serviço e consumo unitário de materiais.....	56
Tabela 7 - Intervalo de consumo de argamassa x consumo realizado.....	60
Tabela 8 - Composição gravimétrica.....	61
Tabela 9 - Coeficiente de desperdício de materiais.....	63
Tabela 10 - Geração de resíduos, quantidade de serviço e índice de perdas.....	64
Tabela 11 - Custo da mão-de-obra para execução de alvenaria convencional.....	65

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 JUSTIFICATIVA	13
1.2 OBJETIVOS	15
1.2.1 Objetivo geral	15
1.2.2 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 ALVENARIA	16
2.1.1 Execução da Alvenaria	16
2.1.2. Composição de custos da alvenaria	19
2.1.2.1 TCPO	20
2.1.2.2 SINAPI	21
2.2 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	22
2.2.1 Conceito	22
2.2.2 Fatores que influenciam na produtividade da mão-de-obra	23
2.2.3 Indicadores de produtividade	27
2.3 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	28
2.3.1 Lean construction e seus princípios	29
2.4 DESPERDÍCIO DE MATERIAIS E GRAVIMETRIA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL	30
3 MÉTODO DE PESQUISA	33
3.1 ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO	33
3.2 LOCAL E TEMPO DE COLETA DOS DADOS	33
3.3 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DA MÃO-DE-OBRA	35
3.3.1 Indicador de produtividade	35
3.3.2 Consumo de materiais	36
3.3.3 Composição gravimétrica do resíduo, coeficiente de desperdício e índice de perda de materiais	37
3.3.4 Custo das equipes para execução de alvenaria	38
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
4.1 INDICADORES DE PRODUTIVIDADE	40
4.1.1 RUP Pedreiro	40
4.1.2 RUP Servente	47
4.1.3 RUP Direta	52
4.1.4 RUP Global	54
4.2 CONSUMO DE MATERIAIS	56

4.3 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA, COEFICIENTE DE DESPERDÍCIO E ÍNDICE DE PERDAS	60
4.4 CUSTO DAS EQUIPES.....	64
5 CONCLUSÃO	67
5.1 TRABALHOS FUTUROS	68
REFERÊNCIAS	69
APÊNDICE A	75

1 INTRODUÇÃO

A demanda por produto com maior qualidade, menores custos e prazos, que atendam às exigências dos clientes impulsiona a competitividade no mercado da construção civil e a busca por alternativas que levem a um aumento de produtividade (OLIVEIRA, 2010). Segundo Marder (2001), quesitos como eficiência passaram a ter novo significado na virada do século, estando cada vez mais ligados ao lucro e conseqüentemente ao maior poderio de crescimento no setor.

A indústria da construção civil constantemente é alvo de críticas por seus altos custos, o que pode ser relacionado com os altos índices de desperdício de material e baixos índices de produtividade, justificados, muitas vezes, pela alta rotatividade da mão-de-obra e de sua baixa qualificação (LORENZON, 2008).

Essa baixa qualificação pode ser associada à falta de preocupação das construtoras no gerenciamento de pessoas, dando importância somente com o processo seletivo e com a montagem do quadro de funcionários, esquecendo-se dos processos seguintes à contratação, como: treinamento, desenvolvimento e potencialização de habilidades, conforme Oliveira (2006, *apud* SILVA, 2018, p. 55).

Dentre os serviços que sofrem com a carência de treinamentos e que apresenta grandes índices de perda, está o da execução de alvenaria. O conceito de perda é definido pela diferença de materiais que entram na obra e a quantidade de materiais que realmente é utilizada. Skoyles (1981, *apud* ROSA, 2001, p. 26-27), diz que esta diferença pode ocorrer em todas as etapas da construção, desde a chegada, estocagem, transporte até sua utilização no local a qual é destinado. O mesmo autor ainda considera uma outra classificação de perdas, considerando o estágio onde ela é originada, sendo no projeto, fornecimento do material, gerenciamento da obra, entre outros.

Este desperdício, segundo Formoso *et al.* (1996), é decorrente do uso ineficiente de materiais, mão-de-obra e equipamentos e pode ser evidenciado pela porcentagem de perda de material, o qual pode alcançar 50% de perda apenas nos tijolos furados, conforme apresentado por Soibelman (1993, *apud* BRANDSTETTER, 2013, p. 84).

Já do ponto de vista ambiental, questões relacionadas ao alto consumo de materiais e a excessiva geração de resíduos classificam o setor como um dos mais nocivos à conservação e preservação do meio ambiente. Neste cenário é importante que exista um controle na execução dos serviços para que a quantidade de materiais utilizados e de resíduos gerada seja menor, evitando exigências de maiores investimentos financeiros por questão de falta de planejamento

e controle, tirando também o mercado da construção civil do centro de debates sobre questões ambientais (SOUZA et al., 2004).

No presente trabalho foi realizada uma análise da mão-de-obra a fim de conhecer qual seu desempenho e sua interferência na produtividade apresentada atualmente nas edificações. Além disso, pôde-se identificar as relações apresentadas entre essa e os desperdícios de materiais encontrados.

1.1 JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil tem grande impacto no cenário econômico nacional, representando uma parcela de aproximadamente 16% das indústrias no Produto Interno Bruto (PIB) do país. Este fato motiva as empresas a serem mais ágeis em seus modelos de gerenciamento proporcionando um diferencial no rendimento da produção (COÊLHO, 2003). Outro estudo, realizado pelo Sindicato da Indústria da Construção de Minas Gerais (SINDUSCON – MG), nos últimos 10 anos, o setor teve uma elevação de 52,10% no setor, com média anual de 4,28%, e nos últimos 20 anos, a elevação foi de 2,82% (AMORIM, 2014, *apud* VIEIRA; NOGUEIRA, 2018, p. 368).

Diante desta perspectiva, caso não racionalizem seus serviços, as construtoras podem ser afetadas financeiramente colocando em risco sua atividade no mercado, pois elas sofrem um impacto em seus lucros de 3 a 8% (SOUZA, 2003). Este risco pode ser majorado pela relação direta da indústria da construção civil e a situação econômica do país, sendo assim, em momentos de crise, podem ocorrer quedas de consumo nos produtos do setor, impactando ainda mais nos lucros das empresas (VIEIRA; NOGUEIRA, 2018).

Apesar dessas possíveis quedas de consumo, a tecnologia construtiva mais utilizada na execução de edifícios continua sendo com a utilização de alvenaria de bloco cerâmico. Por ser o principal sistema de construção brasileiro, é o responsável pela maior parcela das perdas em obras de edificação (PINHO *et al.*, 2013).

Sendo assim, essa perda existente é justificada pela grande utilização da alvenaria de vedação, sendo a maior parcela da envoltória exterior de uma edificação e de uma grande parte das paredes divisórias internas. Esta grande utilização da alvenaria acaba determinando o desempenho do edifício, apresentando uma interdependência direta com os revestimentos que serão utilizados, as instalações elétricas e hidráulicas, esquadrias e estruturas, resultando num custo de 20 a 40% do valor da obra (BARROS, 1998).

De acordo com Siqueira (2006, *apud* PINHO e LORDSLEEM, 2009) o desperdício gerado em obras com a utilização de alvenaria convencional pode chegar a 17%, sendo um valor expressivo para um serviço que pode ter mais controle em seu desenvolvimento.

Estas perdas, no caso da alvenaria, são determinadas através de índices que, segundo um estudo de Pinho e Lordsleem (2009), chegaram em 2%, 5,8%, 8,5% e 17% em quatro obras distintas. Já Soares *et al.* (2017), obtiveram um resultado de 2,17% de perdas. Silva *et al.* (2017), chegaram a dois índices de perdas, em duas obras, sendo eles de 1,25% e 6,38%, conforme ilustrado no Tabela 1.

Tabela 1 - Índices de perdas de blocos/ tijolos por autor

Autor	Índice de perda de blocos/ tijolos
Pinho e Lordsleem (2009)	17%
	2%
	8,5%
	5,8%
Soares <i>et al.</i> (2017)	2,17%
Silva <i>et al.</i> (2017)	1,25%
	6,38%

Fonte: Autor (2019)

Os índices apresentados por Pinho e Lordsleem (2009), foram obtidos em construtoras com ISO 9001:2000 e apenas a construtora que apresentou o índice de 2% não apresentava nível de classificação no Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H), enquanto as demais apresentavam nível A no PBQP-H. Outro fator contribuinte para estes índices foi o tempo de execução e a quantidade de pavimentos, sendo o índice de 2% da obra que possuía menos pavimentos e mais tempo para execução.

No índice de Soares *et al.* (2017), o valor apresentado pode ter relação com o pequeno número de pavimentos executados, retrabalhos, quebras de blocos em transporte e recortes. Já os índices expressos por Silva *et al.* (2017), os fatores determinantes foram a grande quantidade de cortes nos blocos e a baixa qualidade dele.

Um fator impactante na execução de alvenaria é a mão-de-obra, que representa um custo de 25 a 40% do valor final do produto. Este dado apresenta uma margem para a aplicação monetária em treinamento de mão-de-obra, o que ainda não existe com tanta frequência (DIAS, 1992).

Diante do exposto acima, e de acordo com Pinho e Lordsleem (2009), é muito importante acompanhar e monitorar o desempenho das perdas de tijolos para correlacionar este índice com a produtividade e a qualidade existente nas obras.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a produtividade, consumo e desperdício de materiais – bloco cerâmico e argamassa - na execução de alvenaria, propondo alternativas e ferramentas que possam vir a contribuir para a melhoria do processo.

1.2.2 Objetivos específicos

- Determinar indicadores de produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria, relacionando a área executada ao tempo de serviço;
- Estimar o consumo de materiais utilizados;
- Apresentar um coeficiente de perda de material por m² de alvenaria executado;
- Estimar o custo da equipe de acordo com sua produtividade e suas perdas na execução do assentamento da alvenaria;
- Identificar os fatores que influenciam na produtividade e sugerir propostas para que estes índices sejam melhorados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 ALVENARIA

A alvenaria é definida como sendo um elemento da construção civil, composta pelo conjunto de tijolos justapostos por argamassa e que suportam esforços de compressão ou servem somente para a vedação (RODRIGUES, 2010, *apud* HERCULANO, 2010, p. 11). Os materiais da alvenaria mais comumente utilizados são os tijolos, blocos cerâmicos e blocos de concreto.

O uso dos tijolos/ blocos cerâmicos no Brasil tem grande importância não só na questão econômica, onde a indústria cerâmica gera mais de 18 bilhões de faturamento anual, com destaque para a produção de 4 bilhões de peças de tijolos/ blocos cerâmicos por mês, mas também devido as grandes vantagens do uso dos tijolos. Alguns pontos positivos que podem ser evidenciadas são: bom isolamento térmico e acústico, boa estanqueidade a água, boa durabilidade, pouca limitação ao projeto arquitetônico, entre outras (ANICER, 2019).

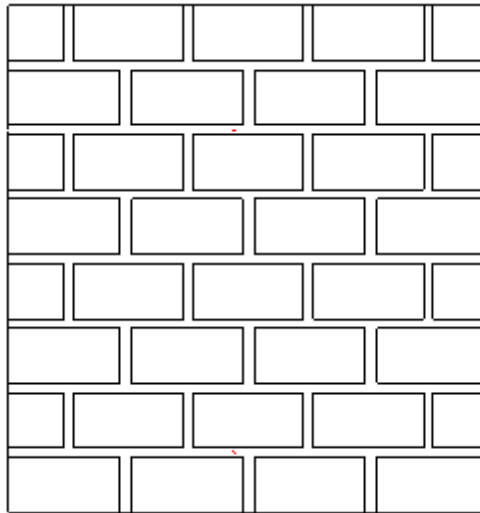
Segundo Lima (2006), os tijolos cerâmicos podem ser classificados quanto a quantidade de furos, podendo ser de 4, 6 e 8 furos, ou ainda, pelas espessuras de 8 cm, 10 cm, 15 cm, até 20 cm, entre outras. Algumas vantagens do tijolo cerâmico apresentadas por Fonseca e Roman (1994 e 1983, *apud* NESRALLA, 2013) são: menores cargas nas fundações, abundância em variedade e tipos, facilidade na qualificação da mão-de-obra, fácil manuseio, entre outras.

A utilização em grande escala da alvenaria cerâmica mostra a importância deste material para a construção civil. Neste contexto, é relevante a realização deste estudo, para que seja evidenciada a relação da mão-de-obra com o material.

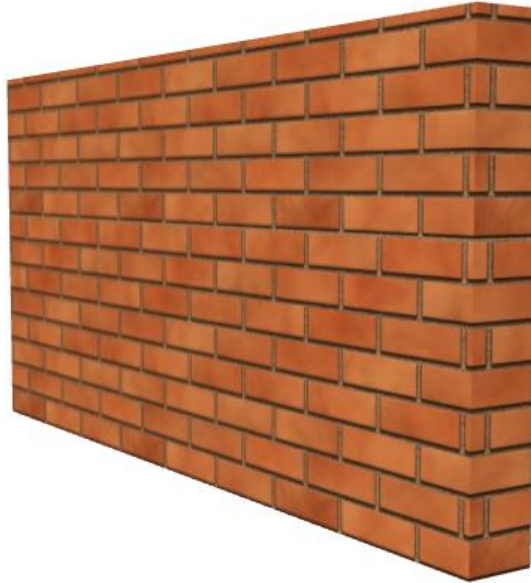
2.1.1 Execução da Alvenaria

Na execução da alvenaria é necessário seguir uma sequência para a realização do serviço, conforme apresentado pela NBR 8545:1984 e por Yazigi (2009).

Deve-se procurar modular as paredes de forma que seja utilizado o maior número de tijolos inteiros. Um segundo cuidado a ser tomado, refere-se as ligações, que devem ser com juntas de amarração, no qual as juntas verticais são descontinuadas, conforme as Figuras 1 e 2, e detalhe na Figura 3.

Figura 1 - Juntas de amarração

Fonte: Adaptado NBR 8545 (1984)

Figura 2 - Juntas de amarração das fiadas da parede de meia vez

Fonte: Adaptado de NBR 8545 (1984)

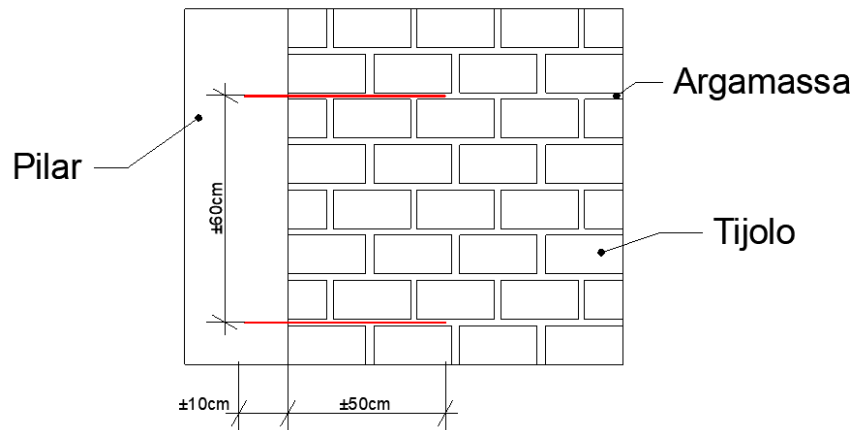
Figura 3 - Detalhe das fiadas da parede de meia vez

Fonte: Adaptado de NBR 8545 (1984)

Em caso de execução de juntas a prumo - assentamento com juntas verticais contínuas - deve-se utilizar armaduras longitudinais, colocadas na argamassa de assentamento com espaçamento de 60cm na altura.

Na ligação da alvenaria com os pilares de concreto armado, deve-se prever barras com diâmetro entre 5 e 10mm engastadas no pilar e na alvenaria, conforme Figura 4.

Figura 4 - Ligação pilar-alvenaria



Fonte: Adaptado de NBR 8545 (1984)

Deve-se seguir algumas recomendações da NBR 8545:1984, que são importantes durante o processo, como:

- Executar um chapisco na face do pilar, viga ou laje que ficará em contato com a alvenaria;
- Não executar planos muito altos de uma vez só;
- Executar alvenarias sobre alicerces somente após 24h da impermeabilização do mesmo e garantir sua estanqueidade;
- Molhar os tijolos antes do seu uso para que esse não roube a umidade da argamassa;
- Não utilizar os blocos com os furos na vertical ou no sentido transversal ao plano da parede;
- Iniciar a execução pelos cantos ou em pontos de ligação com elementos da edificação;
- Utilizar escantilhão para guiar as juntas horizontais e prumo de pedreiro para garantir a prumada;
- Esticar linhas guias a partir dos cantos, em todas as fiadas, garantindo a horizontalidade e o prumo;
- Em obras sem estruturas de concreto armado, deve-se prever uma cinta de amarração sobre todas as paredes que recebem carga da laje; quando há estrutura de concreto armado, interrompe-se a alvenaria abaixo das vigas ou

lajes e executa-se após 7 dias um travamento – encunhamento - com tijolos maciços;

- Em obras com mais de um pavimento, este travamento deve ser realizado após os mesmos 7 dias e a execução da alvenaria no pavimento superior esteja em altura igual à do pavimento imediatamente abaixo.

A planeza da parede deve ser verificada periodicamente e após o término da elevação, não podem ser verificadas distorções maiores de 0,5 cm (NBR 8545:1984; Yazigi, 2009).

Algumas considerações também são feitas pela NBR 8545:1984 e Yazigi (2009) sobre a argamassa. Elas devem ser produzidas em quantidade suficiente para o uso, serem plásticas e consistentes para suportar o peso dos tijolos e ser traço deve ser realizado com base nos materiais disponíveis na região. Em sua aplicação nas juntas, ela deve ter no máximo 1 cm de espessura e não podem apresentar espaços vazios.

2.1.2. Composição de custos da alvenaria

Para a determinação dos custos é necessário, primeiramente, a realização de uma composição de preços unitários (CPU). Segundo o Sienge (2018), a CPU nada mais é do que um índice de produtividade da mão-de-obra e o consumo de materiais para a execução de uma unidade de um determinado serviço.

Dentre as CPUs existentes, as mais comumente utilizadas podem ser obtidas em bancos de dados de composições como a Tabela de Composição de Preços para Orçamentos (TCPO), Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices (Sinapi), Sistema de Custos Referenciais de Obras (SICRO) e até mesmo de composições com Índices Próprios, baseadas em dados reais levantados de uma empresa, de acordo com a mão-de-obra local, com sua produtividade, consumo e rendimento mais precisos.

De acordo com Mattos (2015), uma composição é formada a partir da determinação dos insumos, da unidade deste insumo, do índice, custo unitário e custo total. Primeiramente, determina-se quais insumos serão utilizados, quais suas unidades de compra, o coeficiente de utilização de cada insumo, custo unitário de aquisição do insumo e custo total, obtido através da multiplicação do coeficiente pelo custo unitário. Outros fatores relevantes que podem ser retirados das composições são a produtividade e o consumo de materiais.

2.1.2.1 TCPO

A TCPO é um dos bancos de dados com informações e critérios para a composição de mão-de-obra, serviços e equipamentos. É a principal referência de engenharia de custos do Brasil, publicada pela Editora PINI, atualmente conta com uma versão *online*, cujo acesso é feito por meio de planos de assinatura mensal.

Uma composição de custos de alvenaria é composta por quatro componentes, sendo eles:

- Pedreiro;
- Servente;
- Argamassa mista de cal hidratada e areia ou argamassa pré-fabricada;
- Bloco cerâmico.

Para a composição de custos da alvenaria, segundo a TCPO, os critérios levados em consideração na apresentação do conteúdo do serviço são:

- Materiais e mão-de-obra para preparo da argamassa e execução da alvenaria;
- Perda de 15% dos tijolos e 20% da argamassa.

Os critérios de medição utilizados consideram apenas os vãos maiores do que 2 m², sendo descontado apenas o excedente deste valor (TCPO, 2012)

No presente trabalho foi utilizada uma composição como referência, apresentada pela Figura 5. A composição complementar dessa é a composição da argamassa, apresentada pela Figura 6, sendo essa responsável por indicar os consumos de materiais para a realização da produção de 1 metro cúbico de argamassa.

Figura 5 - Composição de alvenaria de vedação e argamassa produzida in loco

06.001.000059.SER ALVENARIA de vedação com bloco cerâmico furado, 9 x 19 x 19 cm (furos horizontais), espessura da parede 9 cm, juntas de 10mm com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:8 - unidade: m ²					
CÓDIGO	COMPONENTES	UNID.	PRODUTIVIDADE VARIÁVEL - CONSUMOS		
			MÍNIMO	MÉDIO	MÁXIMO
01.021.000001. MOD	Pedreiro	h	0,51	0,64	0,74
01.026.000001. MOD	Servente	h	0,31	0,38	0,44
06.003.000070. SER	Argamassa mista de cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:4, com adição de 100 kg de cimento	m ³	0,0053	0,0138	0,0435
05.004.000004. MAT	Bloco cerâmico furado de vedação (altura: 190 mm / comprimento: 190 mm / largura: 90 mm)	un	26,428	27,203	31,345

Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

Figura 6 - Composição da argamassa utilizada na execução da alvenaria

06.003.000070.SER ARGAMASSA mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar - unidade: m ³			
CÓDIGO	COMPONENTES	UNID.	TRAÇO DA ARGAMASSA
			1:2:8
01.026.000001.MOD	Servente	h	10,00
03.001.000008.MAT	Areia lavada tipo média	m ³	1,22
04.001.000001.MAT	Cal hidratada	kg	182
04.002.000002.MAT	Cimento Portland CP-32	kg	182

Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

2.1.2.2 SINAPI

A SINAPI é o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil, conforme o nome diz, é uma plataforma que apresenta custos e índices da construção civil, de modo que os preços praticados no mercado não sejam abusivos. A elaboração das composições de custos unitários da SINAPI leva em consideração dados coletados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e disponibilizados pela Caixa Econômica Federal (CEF). Enquanto a CEF elabora a parte técnica da engenharia, especificando os insumos e os serviços referenciais, o IBGE realiza as pesquisas mensais de preços, metodologias e formação dos índices. Os índices são sempre atualizados e disponibilizados no site da CEF.

Na composição considerada pela SINAPI para a execução de alvenaria são utilizados os seguintes insumos: pedreiro, servente, preparo da argamassa, blocos cerâmicos, tela de aço e pinos de aço. A composição considerada é apresentada na Figura 7.

Figura 7 - Composição de alvenaria de vedação e argamassa preparada em betoneira

CLASSE/TIPO	CÓDIGOS	DESCRIÇÃO	UNIDADE	COEFICIENTE	CADERNO TÉCNICO
01.PARE.ALVE.029/01	87503	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X19X19CM (ESPESSURA 9CM) DE PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR OU IGUAL A 6M ² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_06/2014	M2		Alvenaria de Vedação
INSUMO	7266	BLOCO CERAMICO (ALVENARIA DE VEDACAO), DE 9 X 19 X 19 CM	MIL	0,0279300	
INSUMO	34557	TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,4200000	
INSUMO	37395	PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENTO	0,0050000	
COMPOSICAO	87292	ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_06/2014	M3	0,0098000	
COMPOSICAO	88309	PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,3700000	
COMPOSICAO	88316	SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	0,6850000	

Fonte: SINAPI (2019)

2.2 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Primeiramente, deve-se definir com clareza o que é produtividade, como ela está presente na construção civil, quais os meios que a influenciam, para que possa existir uma análise mais detalhada do que realmente ocorre nos canteiros de obra que influencia este importante item.

O McKinsey Global Institute (1998, *apud* GALLO, 2016, p.14) comparou a produtividade da indústria da construção civil brasileira com a norte americana, chegando em resultados expressivos, mostrando que a mão-de-obra do Brasil atinge apenas 32% da produtividade da mão-de-obra dos EUA.

Ainda segundo Gallo (2016), até hoje a produtividade da indústria da construção civil brasileira manteve-se quase inalterada, não tendo grandes avanços e utilizando os mesmos métodos tradicionais usados há mais de duas décadas.

2.2.1 Conceito

Segundo Paliari (1999), é muito difícil entender o conceito de produtividade, já que este está muito associado à qualidade. Uma produção econômica – com maior produtividade – pode ser entendida como uma produção com mais qualidade. Entretanto, Souza *et al.* (1995), define que a produtividade é determinada a partir do desempenho de um processo, relacionando os recursos utilizados e os resultados produzidos.

De acordo com Gomes (2008), produtividade é o resultado da relação existente entre um processo produtivo e os fatores de produção, ou seja, é o produto em relação aos meios utilizados em sua produção.

Já Costa Neto *et al.* (2012) define a produtividade operacional que é apresentada em unidades não monetárias e representa a capacidade de operação da empresa. Este indicador determina, por exemplo, a quantidade de produto produzido por hora trabalhada.

Apesar do termo produtividade apresentar diversos significados em diferentes contextos, na construção civil seu uso se assemelha à definição dada por Costa Neto *et al.* (2012), estabelecendo a relação entre a transformação de matéria-prima, mão-de-obra e equipamentos em uma saída num determinado tempo de serviço.

2.2.2 Fatores que influenciam na produtividade da mão-de-obra

Segundo Dantas (2011), vários fatores influenciam na produtividade, dentre eles temos as características do serviço, treinamento da mão-de-obra, efeito aprendizado, disponibilidade do canteiro de obras, entre outros.

- Retrabalho

Segundo Kalsaas (2010), o desperdício de tempo pode ser relacionado ao tempo em que o trabalhador espera por um equipamento ou material, atrasando o serviço a ser realizado. Esse desperdício pode ser relacionado a dois fatores: fragmentação de serviço e execução defeituosa.

Enquanto o primeiro se refere à segmentação de serviços, como execução da alvenaria até uma determinada altura das paredes, extensão delas, presença de recortes, necessidade de execução de vergas e contra vergas, o segundo acaba trazendo um outro fator de grande influência, o retrabalho. Quando ocorre um defeito, a execução deve ser refeita gerando um desperdício de tempo, pois para a realização correta do serviço demanda uma clara compreensão do que deve ser feito levando mais tempo neste aspecto do que na real execução.

Diante disso, o retrabalho pode ser definido como uma ação extra na execução de um serviço que, segundo Vasco (2018), é consequência da falta de planejamento e que gera perdas de material, diminuição do aproveitamento da mão-de-obra e acaba diminuindo a margem de lucro obtido.

Também de acordo com Vasco (2018), algumas das causas mais comuns de retrabalho são: ausência de detalhamento dos projetos, especificações incompletas, comunicação ineficaz entre canteiro de obras e escritório, falta de capacitação da equipe e dificuldade de compreensão de projetos.

- Características do serviço

A primeira etapa na caracterização do serviço leva em conta o projeto dele para o real entendimento do que deve ser feito. De acordo com Araújo (2001), a produtividade deve ser analisada com base nas singularidades de cada projeto, como por exemplo, na execução de alvenaria, o posicionamento da parede e sua regularidade geométrica determinam fatores que podem afetar na produtividade.

- Especificidade do material

Araújo (2001) afirma que a determinação do material é muito importante na produtividade. Por exemplo, na execução de alvenaria existe um leque muito grande de materiais que podem ser utilizados. Entretanto, a escolha de vários materiais para a execução do mesmo serviço pode ser prejudicial na racionalização dos materiais, dificultando na diminuição de custos.

- Equipamentos e ferramentas

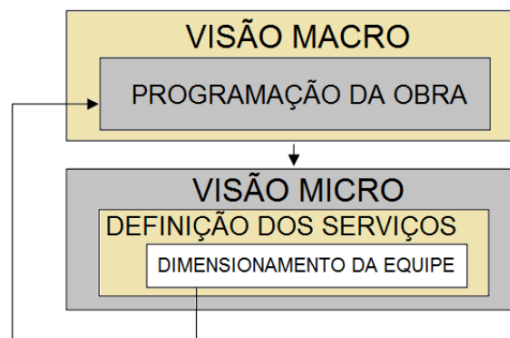
Seguindo os pensamentos de Araújo (2001) e Dantas (2011), os equipamentos e ferramentas utilizados para a execução são muitos com a mesma finalidade e a escolha destes deve ir de encontro com a melhor eficiência oferecida, promovendo uma maior racionalização do material e com a melhor condição ergonômica da mão-de-obra.

- Composição da mão-de-obra

Araújo (2001) diz que é de fundamental importância a formação e o dimensionamento das equipes que trabalham na obra, entretanto não existe uma regra que defina a melhor formação para as frentes de trabalho. Mesmo assim, considera-se que este é um fator que pode ter grande relevância na determinação da produtividade.

Para Dantas (2011), o dimensionamento da equipe deve determinar a quantidade de funcionários que irão executar uma determinada tarefa em um determinado período, o que pode influenciar em todo o planejamento da obra, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 - Relação do dimensionamento da equipe com a programação da obra



Fonte: Dantas (2011)

Apesar de não ser possível determinar a melhor combinação para a formação de uma equipe de trabalho, Marder (2001) fez algumas caracterizações relevantes, como será apresentado a seguir. O autor caracterizou o perfil do trabalhador da construção civil, apresentando algumas interferências no quesito da produtividade. Este é de predominância masculina (98,56%), tendo este grande percentual justificado pela exigência física do trabalho em obra. Entretanto, o papel das mulheres tem apresentado índices crescentes, especialmente nos setores administrativos.

Ainda mais, com relação a idade dos trabalhadores, indica que existe um percentual de 26,86% com idade entre 19 e 25 anos, 30,78% com idade entre 26 e 35 anos e 23,13% com idade entre 36 e 45 anos.

De acordo com a origem da mão-de-obra, aponta que 42,25% dos trabalhadores da construção civil migraram de suas regiões naturais em busca que uma oportunidade nesse meio que exige baixa qualificação e é composto por técnicas e processos quase artesanais.

Consoante com a escolaridade dos trabalhadores, a indústria da construção civil é a que emprega os mais baixos níveis de instrução formal, tendo 60% dos trabalhadores com apenas o primeiro grau completo e o índice de analfabetismo atingindo cerca de 20%. Esse nível baixo de instrução acaba acarretando consequências diretas na produtividade. A formação profissional da mão-de-obra acaba ocorrendo durante a execução da obra, onde, geralmente, os profissionais mais qualificados, cerca de 27,60%, acabam auxiliando os colegas menos instruídos.

Ainda segundo Marder (2001), no setor da construção existe uma alta rotatividade, devido a defasagem do processo de seleção, treinamento, salários, condições de trabalho e relacionamento pessoal. A alta rotatividade pode significar prejuízo para as empresas – que tem que estar sempre em busca de mão-de-obra – e uma vida instável aos funcionários que sempre estão trocando de emprego, dificultando sua estabilidade profissional e possível ascensão profissional.

Além disso, também apresenta dados sobre o absentéismo. Este dado possui um valor muito alto, sendo que 50% das faltas acontecem por questões de saúde. Entre os fatores que contribuem para o absentéismo, tem-se as condições precárias de trabalho, os riscos ocupacionais e o baixo nível tecnológico, sendo necessária a utilização de técnicas rudimentares, aumentando a fadiga consequente do grande esforço físico exigido.

Outro fator apresentado relaciona-se com a questão financeira, sendo que 50% dos trabalhadores recebem em média dois salários mínimos e 42% recebem entre dois e cinco

salários mínimos. Apesar de todos os fatores negativos, a mão-de-obra é essencial para o desenvolvimento da produção e é importante para alcançar os padrões de qualidade (DIAS, 1992).

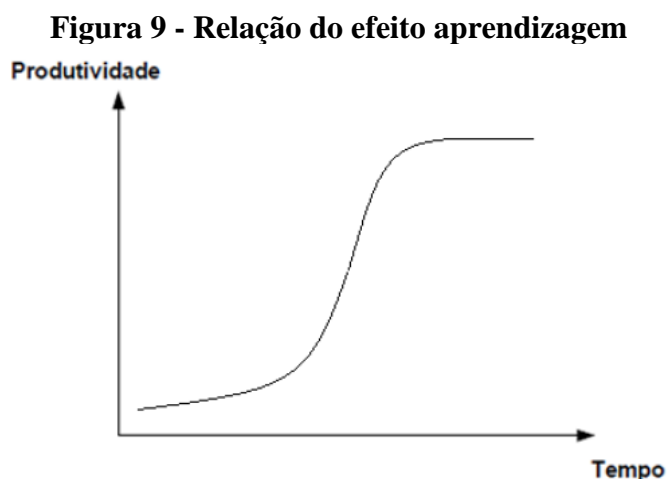
- Organização da execução

Citando Marchiori *et al.* (2004, *apud* HERCULANO, 2010, p. 18) sobre a organização da execução, a previsão para a realização de um projeto de alvenaria e procedimentos pode auxiliar no aumento da produtividade nesta etapa da obra.

Araújo (2001) diz que as formas de organizar a execução da produção acabam completando o entendimento dos serviços. Para que a execução da alvenaria ocorra de forma fluida, há a necessidade de uma determinada gestão e organização da produção.

- Efeito aprendizagem

Dantas (2011) diz que o efeito aprendizagem acontece quando um serviço é executado várias vezes repetidamente ao longo do tempo, conforme mostra a Figura 9. Isso eleva a produtividade, já que tem efeito parecido à um treinamento por repetição.



Fonte: Dantas (2011)

Este efeito pode ser identificado em construções de conjuntos habitacionais e edificações com um pavimento-tipo padrão. Tudo isso é consequência do maior conhecimento do funcionário sobre o serviço a ser executado, suas ferramentas e métodos.

Além disso, Dantas (2011) também apresenta uma relação do efeito aprendizagem com a mobilização inicial da obra, onde a produtividade é geralmente menor do que a média final,

passa por uma crescente durante a execução da obra, devido a repetição e ao final pelo efeito desmobilização, onde aumenta o consumo da mão-de-obra novamente, devido a realização das tarefas mais difíceis que são deixadas para o final.

- Canteiro de obras

A organização do canteiro de obras é de suma importância na produtividade, pois o correto posicionamento dos materiais na obra pode ajudar a diminuir o tempo de deslocamento dos trabalhadores (ZOTTI, 2017).

Outro fator importante considerado por Saurim e Formoso (2006, *apud* Zotti, 2017, p. 24) na alocação do canteiro de obras é o local de descarregamento dos materiais, que devem ser pensados de modo a facilitar o tempo de deslocamento vertical, caso haja a necessidade.

De acordo com Gallo (2016), um canteiro organizado de maneira ideal proporciona um aumento da produtividade em um determinado serviço, já que não há desperdícios com movimentações desnecessárias, demandando uma importante parcela de tempo.

Portanto, para melhorar a produtividade na construção civil, algumas ferramentas podem ser adotadas, como qualificar a mão-de-obra, fornecer os materiais e equipamentos mais adequados ao serviço, organizar as tarefas a serem executadas de acordo com uma ordem executiva e que levem a uma maior agilidade no processo, organizar a disposição dos materiais a fim de diminuir as perdas por transporte, entre outros.

2.2.3 Indicadores de produtividade

Os indicadores de produtividade podem ser divididos de duas maneiras, sendo elas de acordo com a abrangência da mão-de-obra ou de acordo com o tempo de análise. O indicador que aponta a produtividade de uma equipe de serviço é chamado de Razão Unitária de Produção (RUP).

Segundo Souza (2001, *apud* PALIARI; SOUZA, 2008, p. 5), as RUP's relacionadas com a mão-de-obra podem apresentar-se de três maneiras, classificadas em RUP Pedreiro ou RUP Servente (associada ao funcionário que executa o serviço), RUP Direta (quando associa os pedreiros com os serventes diretamente relacionados ao processo) e RUP Global (abrange toda a mão-de-obra relacionada com o serviço).

Já em relação ao tempo de análise, as RUP's podem ser classificadas em RUP diária (produtividade relativa ao tempo de um dia de serviço), RUP cumulativa (produtividade

acumulada durante um período de serviço), RUP cíclica (com relação a um tempo pré-determinado de medição, por exemplo, por semana, por pavimento) e RUP potencial (melhor produtividade considerada como alcançável pela equipe) (SOUZA, 2001 *apud* PALIARI; SOUZA, 2008, p. 5).

2.3 QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A definição de qualidade segundo a NBR ISO 9000:2015 é “[...] determinada pela capacidade de satisfazer os clientes [...]”.

Silveira et al. (2002), destaca a qualidade como um quesito importante para o desenvolvimento de qualquer organização. Através dela, pode-se garantir bens e serviços de qualidade aos clientes.

Diante da importância da qualidade na construção civil, foi criado em 1992 o Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat (PBQP-H), que tem os mesmos requisitos de qualidade da ISO 9000, e objetiva alcançar todos os setores da construção civil. O foco deste programa é a melhoria da qualidade, aumento da produtividade e redução de custos na construção (SILVEIRA *et al.*, 2002).

De acordo com Silveira *et al.* (2002), o PBQP-H beneficia as empresas, o setor público e o consumidor. Para as empresas os benefícios são o aumento da competitividade, redução dos desperdícios, materiais de melhor qualidade e em conformidade com as normas técnicas. Para o setor público, os benefícios aparecem em processos licitatórios, onde pode-se fazer mais exigências em relação aos fornecedores, buscando maior qualidade. Já para os consumidores, tudo isso garante que este tenha opções de produtos com qualidade.

Sarmento (2018), determina que a qualidade não deve existir somente na entrega de um produto, mas sim, em todo o processo de planejamento até a entrega final. Segundo Splendor (2012), a qualidade dos serviços e produtos, é muito importante já que é isso que determina a eficiência do mesmo e garante a satisfação do cliente. Além disso, este processo necessita estar em um desenvolvimento contínuo, para que os objetivos sejam sempre alcançados.

Este processo de continuidade do gerenciamento da qualidade pode ser verificado pelo PDCA (plan - planejar; do - fazer; check - checar; action - agir). O PDCA é um método que tem por objetivo a análise e o controle contínuo dos processos críticos, sendo uma referência para a melhoria contínua (RODRIGUES, 2010). Com isso, a elaboração correta de um planejamento de ataque, de execução, de verificação e de ações corretivas na obra, pode sugerir

uma melhora na produtividade da mão-de-obra, já que o processo passa por várias verificações a fim de melhorar sua qualidade.

A fim de garantir essa progressão da qualidade, alguns métodos foram implantados na construção civil, como *Kanban*, *Jidoka*, *Kaizen*, *5S*, *5Porquês*, *5W2H*, *Nagara*, *Lean Construction*, entre outros. Um método que vem ganhando espaço na construção civil no Brasil é o da *lean construction* ou construção enxuta, que é possível de aplicação nos canteiros de obras melhorando produtividade, qualidade e reduzindo custos e desperdícios.

2.3.1 *Lean construction* e seus princípios

O sistema de *lean construction* (construção enxuta) surgiu da adaptação do Sistema Toyota de Produção, proposto por Lauri Koskela em 1992. O autor estava propondo uma maneira de solucionar problemas do setor, para que o mercado da construção pudesse resistir ao aumento da competitividade das empresas, diante dos baixos índices de produtividade e dos altos custos (KOSKELA, 1992). Segundo Martins *et al.* (2018), a *lean construction* combate, com a elaboração de um planejamento, o aumento do desperdício e a quebra do fluxo de trabalho, sendo estes os maiores responsáveis por atrasos na entrega das obras ao cliente e uma qualidade insatisfatória.

Os princípios da *lean construction* são, de acordo com Tonin e Schaefer (2013), aspectos que envolvem uma visão sistêmica do ambiente de produção, a redução de atividades que não agregam valor e a melhoria contínua. Fora os princípios supracitados, os mesmos autores afirmam que para que o sistema seja implantado com toda a rigorosidade, os demais itens devem ser seguidos:

- Redução da variabilidade;
- Aumento do valor do produto de acordo com as necessidades dos clientes;
- Diminuição do tempo de ciclo;
- Simplificação do processo através da diminuição do número de passos;
- Maior flexibilidade na execução do produto;
- Transparência do processo;
- Foco no controle do processo global;
- Balanço entre a melhoria do fluxo com a melhoria das conversões;
- Realização de *benchmarking*.

Com a aplicação dos mecanismos pregados pela *lean construction* pode-se inferir que a qualidade da execução dos serviços de uma maneira geral tende a atingir uma melhora. No presente estudo, busca-se melhora na produtividade, menores desperdícios e geração de resíduos pela mão-de-obra na execução da alvenaria.

2.4 DESPERDÍCIO DE MATERIAIS E GRAVIMETRIA DOS RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

O desperdício de materiais em um canteiro de obras pode ocorrer de várias formas, segundo Conto *et al.* (1994, *apud* Moraes, 1997, p. 126), podem ser originadas de diferentes formas de medição, condições de armazenamento e transporte de materiais, qualidade do material, qualidade da mão-de-obra e condições de projeto.

De acordo com Skoyles (1976, *apud* Moraes, 1997, p. 127) é necessário observar as ocorrências das perdas no canteiro de obras, a fim de estabelecer não somente um padrão para quantificar estas perdas, mas também para monitorar onde elas ocorrem.

Com isso, o processo gravimétrico dos resíduos da construção civil pode servir como ferramenta para identificação dos elementos que estão sendo desperdiçados. Este processo consiste na separação dos resíduos de acordo com sua origem. Apesar de ser um método muito complexo e demorado, apresenta resultados quantitativos exatos e com baixo custo relativo, o que atualmente é muito importante, pela existência de normas e resoluções que caracterizam os resíduos e indicam sua destinação para locais licenciados (CONAMA, 2002).

A gravimetria é realizada através da separação de cada resíduo de acordo com sua matéria-prima na forma mais pura e a pesagem de cada um, apresentando uma relação percentual de determinado material com o total de resíduos presentes. Com isso, é possível quantificar os resíduos de acordo com sua maior ou menor presença e caracterizá-los.

As classes em que os resíduos podem ser caracterizados variam se baseados no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) ou na NBR 10004 – Resíduos sólidos – Classificação. As classificações de cada órgão podem ser vistas no Quadro 1.

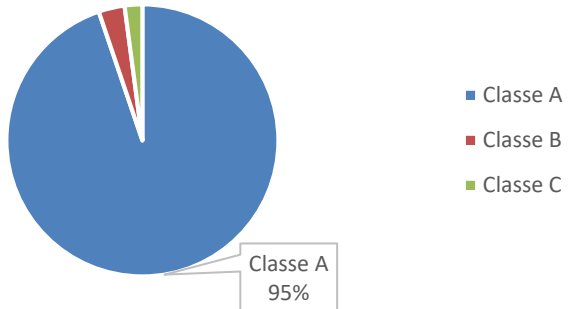
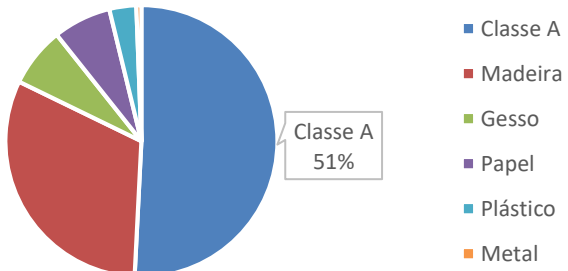
Quadro 1 - Classificação dos resíduos por órgão

CONAMA (2002)	NBR 10004:2004
Classe A	Resíduos Classe I – Perigosos
Classe B	Resíduos Classe II – Não Perigosos
Classe C	Resíduos Classe II A – Não Inertes
Classe D	Resíduos Classe II B – Inertes

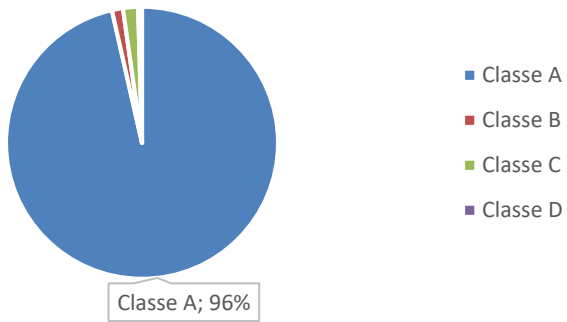
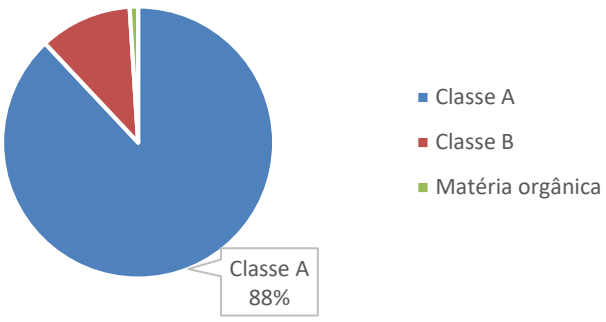
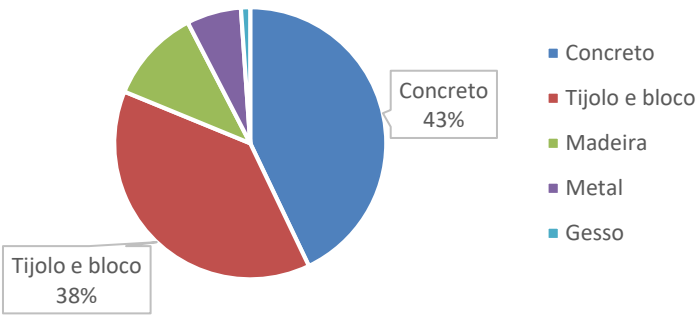
Fonte: Autor (2019)

Destas classificações, os resíduos Classe A (CONAMA) e Classe II B (NBR 10004) são os que caracterizam os blocos cerâmicos e argamassas gerados em construções. Estudos realizados anteriormente, apresentam resultados conforme expressos no Quadro 2 para a composição gravimétrica de diferentes autores.

Quadro 2 - Composição gravimétrica de diferentes estudos

Autor	Composição
Bernardes <i>et al.</i> (2008)	 <p>■ Classe A ■ Classe B ■ Classe C</p> <p>Classe A 95%</p>
Miranda, Angulo e Careli (2009)	 <p>■ Classe A ■ Madeira ■ Gesso ■ Papel ■ Plástico ■ Metal</p> <p>Classe A 51%</p>

(continua)

Autor	Composição
Araújo e Carnaúba (2010)	 <p>■ Classe A ■ Classe B ■ Classe C ■ Classe D</p> <p>Classe A; 96%</p>
Tessaro, Sá e Scremin (2012)	 <p>■ Classe A ■ Classe B ■ Matéria orgânica</p> <p>Classe A 88%</p>
Ding e Xiao (2014)	 <p>■ Concreto ■ Tijolo e bloco ■ Madeira ■ Metal ■ Gesso</p> <p>Concreto 43%</p> <p>Tijolo e bloco 38%</p>

Fonte: Autor (2019)

Destes dados, pode-se notar que a maioria dos estudos realizados apresentam uma grande quantidade de resíduos de Classe A. Esta classe tem como característica serem reutilizáveis ou recicláveis como agregados (CONAMA, 2002).

Sendo assim, com sua grande geração, alternativas podem ser tomadas para a reutilização sustentável deste material em diversas áreas da própria construção civil. Além das medidas de reutilização, outras ações podem ser tomadas em relação a geração de resíduos.

Estas ações relacionam-se diretamente com a produtividade e a qualidade da execução dos serviços. Posto isso, deve-se ter como objetivo a não geração dos resíduos, aprimorando as técnicas da execução, as ferramentas e a qualidade da mão-de-obra.

3 MÉTODO DE PESQUISA

Para atingir o objetivo deste estudo, a metodologia proposta foi a realização de coleta de dados através de um formulário elaborado pelo autor, para que fosse realizado um levantamento de rendimento da mão-de-obra e consumo de materiais na execução de alvenaria.

3.1 ELABORAÇÃO DO FORMULÁRIO

Os dados foram coletados em tabelas, onde somente houve a necessidade de preenchimento dos valores nas colunas especificadas. O formulário é apresentado no Apêndice A deste estudo, e através dele foi possível obter dados como:

- Quantidade de materiais; quantidade de cimento (nº sacos), cal hidratada (nº sacos), areia (m³) e a quantidade de tijolos (unidades);
- Quantidade de alvenaria executada, levantada em metros quadrados (m²);
- Quantidade de mão-de-obra, medida em número de pessoas em cada função (n) e o tempo destinado para a realização de uma determinada quantidade de alvenaria, determinado em horas (h);
- Quantidade de entulho gerada, calculada em metros cúbicos (m³).

Além das determinações supracitadas, também foram observadas partes do processo de execução, como:

- Tipos de ferramentas que foram utilizadas pela equipe;
- Onde eram armazenados os tijolos e como eles vinham embalados;

3.2 LOCAL E TEMPO DE COLETA DOS DADOS

3.2.1 Caracterização da obra e da cidade

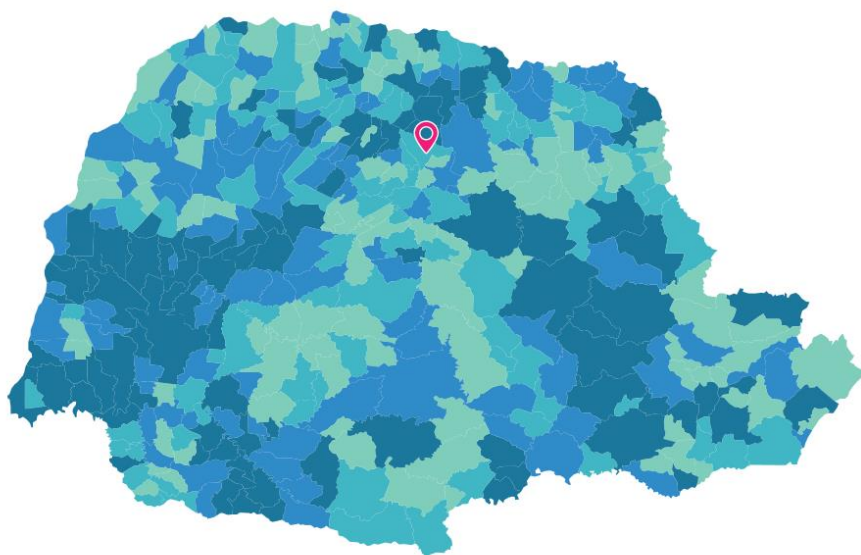
A localização da obra é no município de Apucarana e foi escolhida de acordo com a compatibilidade da etapa construtiva com a necessidade de dados a ser coletada.

A obra em estudo é um edifício de 19 pavimentos, localizado próximo ao centro da cidade, e possui um padrão alto. Apresenta um pavimento térreo com uma sala comercial, um pavimento com área de lazer, dois pavimentos garagem e 15 pavimentos-tipo com 4 apartamentos.

A área dos apartamentos varia entre 209,63 m² e 212,92 m², aproximadamente, possuindo uma suíte com sacada, dois dormitórios com demi-suíte, sala de estar, jantar e sacada *gourmet* integradas e *hall* com dois elevadores panorâmicos.

O município de Apucarana localiza-se no norte do estado do Paraná, conforme Figura 10, localiza-se a 370 km da capital Curitiba, apresenta uma população de 120.919 habitantes. Tem um PIB per capita de R\$ 22.541,31, estando na posição 1796 de 5570 municípios do Brasil. Além disso, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) é de 0,748, considerado alto (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2019).

Figura 10 - Localização do município de Apucarana



Fonte: IBGE (2019)

3.2.2 Acompanhamento e formas de medições

Para a realização da coleta de dados, foram realizadas visitas diárias à obra, durante quatro semanas. As medições eram realizadas considerando alguns aspectos importantes da obra, como tamanho dos tijolos utilizados e espessura média das juntas verticais e horizontais.

Para a realização das medições das áreas de alvenaria executadas, foram consideradas quantas fiadas (linhas) de alvenaria eram assentadas e quantos tijolos eram usados por fiada. Tendo conhecimento das espessuras médias das juntas e do tamanho dos tijolos, pôde-se determinar a área de alvenaria executada, através do auxílio de softwares do tipo CAD.

A adoção deste método de medição justifica-se pela necessidade de obtenção do quantitativo de tijolos utilizados para obtenção de indicadores posteriormente apresentados.

3.2.3 Tipo de tijolo usado e argamassa produzida *in loco*

Para a execução da alvenaria eram utilizados tijolos de duas dimensões. Para a vedação externa, as dimensões eram de 14x19x29. Para a execução da alvenaria interna, os tijolos utilizados possuíam dimensões de 9x19x19.

A argamassa utilizada era produzida *in loco*, sendo ela mista de cimento, cal hidratada e areia. Seu traço era de 1:0,8:4, proporcionando características adequadas ao assentamento das alvenarias, como resistência, retenção de água, trabalhabilidade, entre outras. Os materiais eram armazenados próximos a central de argamassa, onde ela era produzida, em condições adequadas e recomendadas. O transporte horizontal era feito através de carrinhos de mão e o transporte vertical, através de cremalheira.

3.3 DETERMINAÇÃO DOS INDICADORES DE DESEMPENHO DA MÃO-DE-OBRA

Com os dados obtidos nos questionários preenchidos pelo autor, serão determinados vários indicadores importantes para a avaliação da produtividade, consumo, rendimento e perdas, conforme os objetivos estabelecidos.

3.3.1 Indicador de produtividade

O indicador de produtividade será determinado de acordo com o esforço total acumulado em relação ao total de serviço executado. Este índice é denominado de razão unitária de produção (RUP) e foi utilizado em três modalidades temporais: diária, cumulativa e potencial, onde são contabilizados diferentes momentos e situações da obra.

Além das modalidades temporais, foram combinadas determinadas modalidades que se relacionam com a mão-de-obra, sendo esta também dividida de três maneiras: Pedreiro ou Servente, Direta e Global. A diferenciação entre cada uma destas está no número de funcionários englobados no processo, modificando a quantidade de Homem-hora do indicador, que foram somadas de acordo com os funcionários envolvidos. Estes pontos foram especificados na apresentação dos dados, sendo assim, pôde-se obter os indicadores temporais para cada tipo de mão-de-obra.

Em relação as modalidades temporais: a RUP diária utilizou as horas trabalhadas no período de um dia e quantidade de serviço realizada neste mesmo período; na RUP cumulativa,

os valores foram somados diariamente, formando valores acumulados de horas trabalhadas e área produzida, estas duas modalidades de RUP foram determinadas a partir da Equação 1.

$$RUP = \frac{Hh}{QS} \quad (1)$$

em que: *RUP*: razão unitária de produção;
Hh: homens-hora;
QS: quantidade de serviço realizado.

Para a determinação da RUP potencial, realizou-se uma comparação entre as RUP's diárias e as RUP's cumulativas. Os valores de RUP diária menores ou iguais à respectiva RUP potencial foram organizados em um rol crescente, onde a RUP potencial apresentou-se como a mediana deste rol, havendo dois números na mediana, fez-se uma média aritmética simples com os valores.

3.3.2 Consumo de materiais

Os materiais que foram quantificados são: tijolos, cimento, cal hidratada e areia. Estes materiais representam o conjunto necessário para a execução da alvenaria, sendo importante a quantificação de consumo de cada um, individualmente. A partir do método de medição adotado, foi possível obter os quantitativos de tijolos utilizados e de conhecimento do traço da argamassa, também foi factível a quantificação do cimento, da cal hidratada e da areia.

O consumo de materiais foi determinado de acordo com a quantidade de material utilizada para a realização do serviço em relação a quantidade de serviço necessária para ser realizada. Este índice é chamado de consumo unitário de materiais (CUM) e foi determinado através da Equação 2.

$$CUM = \frac{Q_{mat}}{Q_{serviço}} \quad (2)$$

em que: *CUM*: consumo unitário de materiais;
Q_{mat}: quantidade de material;
Q_{serviço}: quantidade de serviço.

3.3.3 Composição gravimétrica do resíduo, coeficiente de desperdício e índice de perda de materiais

- Composição gravimétrica do resíduo

Foi determinada a composição gravimétrica dos resíduos gerados na execução da alvenaria a partir da coleta de uma amostra representativa. Após ser realizada a separação de cada resíduo até a sua forma mais primitiva fez-se uma pesagem para quantificá-los e determinar a composição da amostra.

- Coeficiente de desperdício

O coeficiente de desperdício é a relação apresentada pela razão entre a quantidade de resíduos pela quantidade de materiais determinada na orçamentação. A quantidade de materiais orçada foi obtida através da soma da quantidade de materiais utilizados e a quantidade de resíduos gerados, obtidas pela gravimetria. Esse coeficiente foi determinado pela Equação 3.

$$CD(\%) = \left[\frac{QR}{QMO} * 100 \right] \quad (3)$$

em que:

CD: coeficiente de desperdício;

QR: quantidade de resíduos;

QMO: quantidade de material orçada.

Para determinar a quantidade de resíduos da argamassa, utilizou-se a densidade de massa aparente no estado endurecido, com o valor de 1500 kg/m³, conforme PEREIRA (2015). Determinado o volume, pôde-se obter a quantidade de cada insumo presente, de acordo com o traço da argamassa que era de 1:0,8:8.

Para determinar a quantidade de resíduos de tijolos, foi utilizado o peso padrão de uma unidade de tijolo (4,3 kg) apresentado pelo fabricante, sendo possível então determinar a quantidade de tijolos desperdiçados.

- Índice de perdas

Também foi determinado o índice de perda de material na obra, a fim de quantificar as perdas existentes no processo, determinado a partir da Equação 4. Este índice considera o volume de cada resíduo gerado na obra, obtido pelo processo de gravimetria, com a quantidade de serviço realizada.

$$IP = \left[\frac{VR}{QS} * 100 \right] \quad (4)$$

em que: IP : índice de perda;
 VR : volume de resíduo;
 QS : quantidade de serviço realizada.

Para obtenção do volume de resíduo a partir da massa obtida na gravimetria, a densidade aparente utilizada foi descrita por Miranda *et al.* (2009) tendo o valor de 1 t/m³ para resíduos Classe A.

3.3.4 Custo das equipes para execução de alvenaria

A partir do valor da mão-de-obra convencionado pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil (SINDUSCON) Paraná Norte para as categorias, foi levantado o valor da mão-de-obra utilizada na obra. Nesta situação, para o cálculo do custo da equipe, foram considerados seus rendimentos reais, obtidos neste estudo.

Finalmente, tendo por base os dados das Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO) e do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), será realizada uma comparação dos valores praticados na elaboração de orçamentos com estas bases de dados, com os dados reais de produtividade coletados das equipes.

3.3.5 Proposta de melhorias

Identificados os fatores que atrapalham o rendimento da mão-de-obra, foram feitas propostas para que estes fatores deixem de impactar na produtividade e que esta consiga ser melhorada com ações cabíveis ao dia a dia do trabalhador na obra.

De acordo com a sequência deste trabalho, foram apresentadas as propostas de melhorias em cada item pertinente. Após a apresentação da produtividade, do consumo e do desperdício de materiais e análise dos fatores que influenciam em cada tópico, foram sugeridas propostas possíveis de alteração e mostrando meios para que estas melhorias sejam alcançadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 INDICADORES DE PRODUTIVIDADE

Para avaliar o desempenho apresentado pela equipe de trabalho analisada no estudo, primeiramente serão apresentados os resultados das RUP's. Estes indicadores serão apresentados de acordo com a mão-de-obra e o tempo de serviço, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 - Indicadores calculados

RUP PED d	RUP SER d	RUP DIR d	RUP GLO d
RUP PED c	RUP SER c	RUP DIR c	RUP GLO c
RUP PED p	RUP SER p	RUP DIR p	RUP GLO p

Fonte: Autor (2019)

em que:

- RUP: razão unitária de produção
- PED: Pedreiro
- SER: Servente
- DIR: Direta
- GLO: Global
- d: diária
- c: cumulativa
- p: potencial

4.1.1 RUP Pedreiro

Definidos os indicadores, primeiramente foram calculados os valores de produtividade dos pedreiros. No período apresentado, o número de funcionários trabalhando na obra apresentou uma variação, sendo o trabalho realizado em alguns dias por 1 e outros dias por 2 funcionários.

Com relação ao tempo de serviço, nem sempre o expediente seguia o horário de funcionamento da obra e em alguns momentos, apenas um funcionário cumpria o horário até o final e o outro encerrava seus serviços mais cedo. A partir dessas informações, foi elaborado a Tabela 2, contando com a quantidade de funcionários por data, suas respectivas horas trabalhadas, a quantidade de serviço realizada e os valores das RUP's diárias, cumulativas e

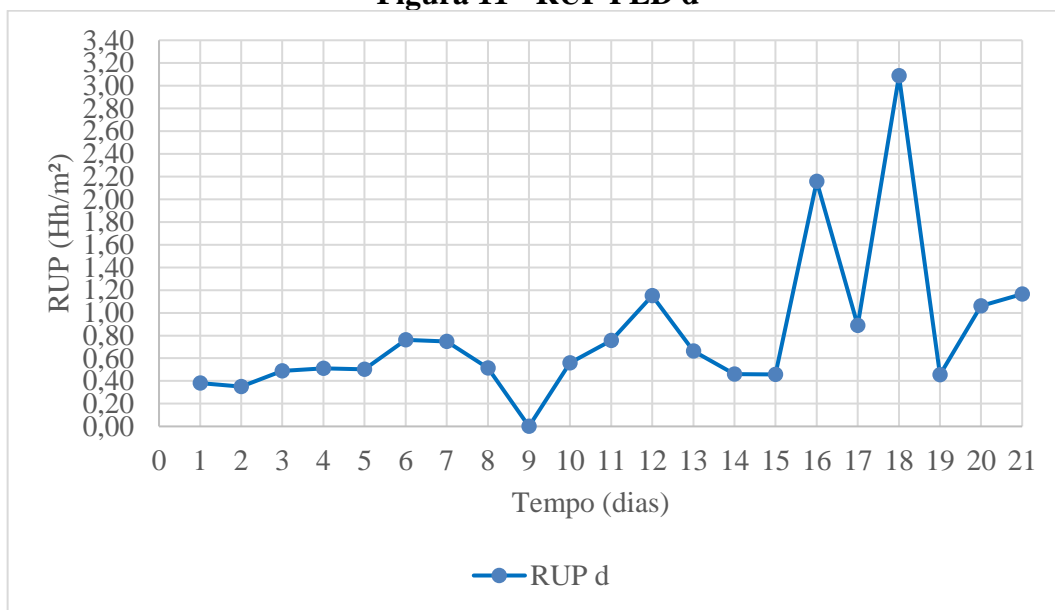
potencial. Vale ressaltar que os valores das RUP's são considerados melhores quanto menores eles se apresentam.

Tabela 2 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas, e RUP's do pedreiro

Data	n° PED	Hh PED	Área executada (m ²)	RUP PED d (Hh/m ²)	RUP PED c (Hh/m ²)	RUP PED p (Hh/m ²)
16/ago	2	10,0	26,21	0,38	0,38	
19/ago	1	9,5	27,02	0,35	0,37	
20/ago	2	19,0	38,83	0,49	0,42	
21/ago	2	19,0	37,23	0,51	0,44	
22/ago	2	19,0	37,85	0,50	0,46	
23/ago	2	13,0	17,06	0,76	0,49	
26/ago	2	18,0	24,05	0,75	0,52	
27/ago	2	19,0	36,88	0,52	0,52	
28/ago	0	0,0	0,00	-	0,52	
29/ago	2	13,0	23,27	0,56	0,52	
30/ago	2	12,0	15,89	0,76	0,53	0,46
02/set	2	13,0	11,3	1,15	0,56	
03/set	2	13,5	20,39	0,66	0,56	
04/set	1	9,5	20,59	0,46	0,56	
05/set	1	9,5	20,74	0,46	0,55	
06/set	2	17,0	7,88	2,16	0,59	
09/set	1	9,5	10,69	0,89	0,59	
10/set	2	12,5	4,05	3,09	0,62	
11/set	2	19,0	41,65	0,46	0,60	
12/set	2	13,5	12,72	1,06	0,62	
13/set	1	8,0	6,87	1,16	0,63	

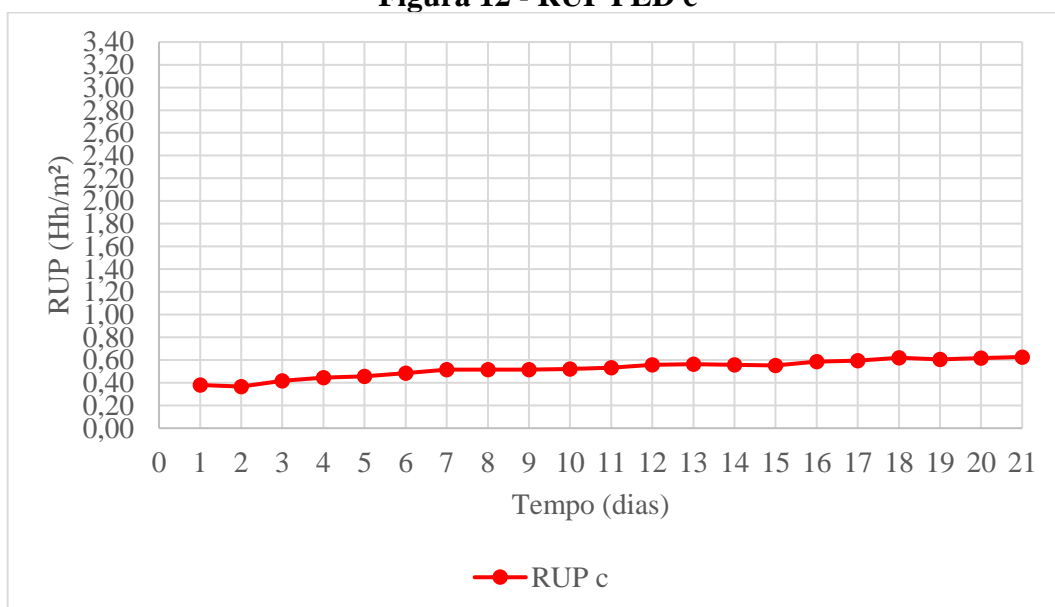
Fonte: Autor (2019)

A partir da Tabela 2, foram elaboradas as Figuras 11, 12, 13. Outra informação pertinente da Tabela 2 é o fato de que no dia 28 set. não houve expediente, porém, a não produtividade deste dia foi englobada no cálculo pois esta afeta diretamente na RUP cumulativa. Na Figura 11, pode-se notar como é a variação da RUP OFC d, pois neste indicador, o tempo de serviço considerado é de um dia, havendo uma grande variabilidade na produção por fatores como: cansaço acumulado, etapa de execução do serviço, grande presença de recortes, altura das paredes.

Figura 11 - RUP PED d

Fonte: Autor (2019)

A partir da Figura 12, os dados começam a apresentar uma uniformidade. Nesta etapa, a RUP apresentada é a cumulativa, sendo calculada por meio da razão entre a somatória das horas trabalhadas pela somatória da quantidade de serviço realizada, até a data determinada.

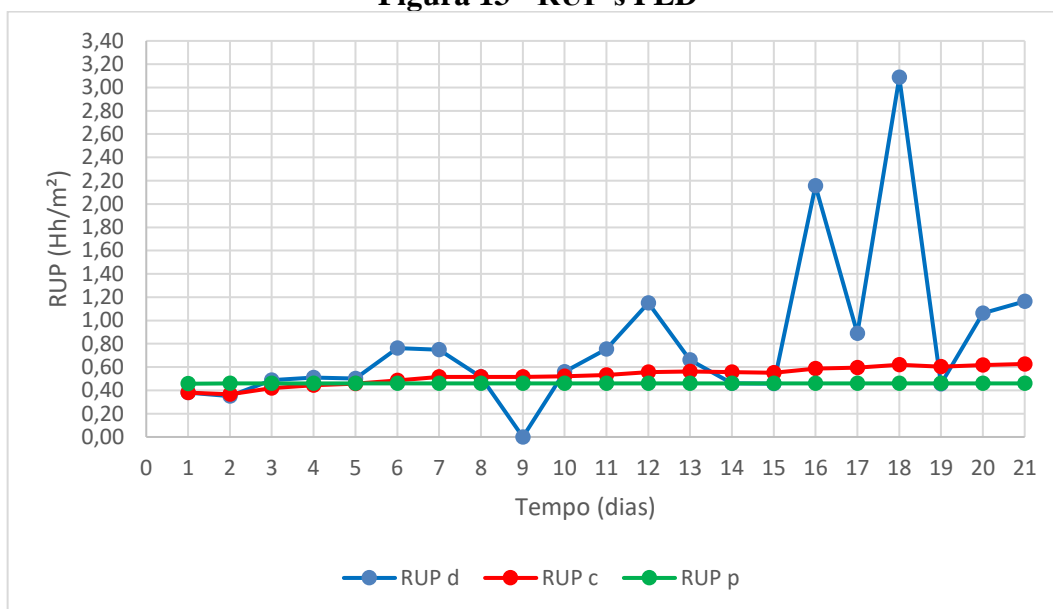
Figura 12 - RUP PED c

Fonte: Autor (2019)

Após as análises individuais dos dados, faz-se importante a comparação entre eles, sobrepondo as curvas num mesmo plano cartesiano, e facilitando o entendimento da variação

diária de produtividade em comparação com a produtividade cumulativa e a potencial, sendo essa uma produtividade teórica que a equipe poderia manter durante todo o período, em uma boa situação de trabalho pela equipe. Essa comparação pode ser observada na Figura 13.

Figura 13 - RUP's PED



Fonte: Autor (2019)

Diante do exposto, pode-se observar a partir da Figura 13, que a produtividade dos pedreiros de acordo com sua RUP potencial, apresenta uma variação média de 14% abaixo da RUP cumulativa, isso significa que os funcionários apresentam um bom desempenho no serviço e que estão muito próximos de um rendimento de boa qualidade. Para avaliar os fatores que influenciam na produtividade dos pedreiros, tem-se o Quadro 4 adaptado da TCPO (2014).

Quadro 4 - Fatores que influenciam na produtividade da mão-de-obra

Fatores Positivos	Fatores Negativos
Não preenchimento de juntas verticais	Preenchimento de juntas verticais
Densidade média de alvenaria/m ² de parede/m ² de piso	Densidade alta ou baixa da alvenaria/m ² de parede/m ² de piso
Presença quase exclusiva de paredes na altura usual	Presença significativa de paredes altas ou baixas demais
Pouco tempo para executar um pavimento (prazos enxutos)	Muito tempo para executar um pavimento (prazos extensos)

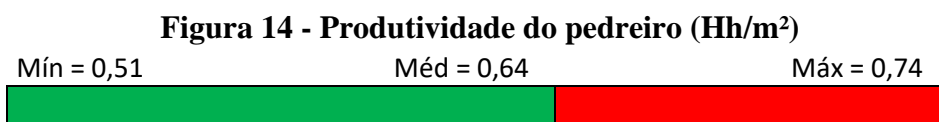
(continua)

Fatores Positivos	Fatores Negativos
Paredes de espessuras pequenas	Paredes de espessuras grandes
Baixa rotatividade	Alta rotatividade
Pagamento conforme acordado	Falha no pagamento dos operários
Material disponível	Falta de material
Equipamento de transporte vertical disponível	Quebras ou indisponibilidade de equipamento de transporte vertical

Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

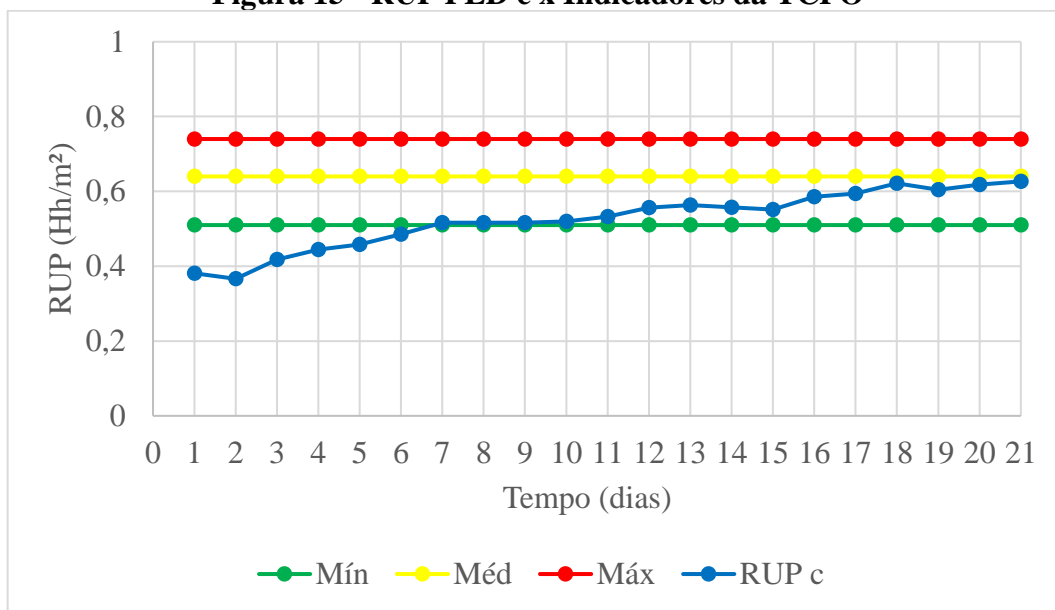
Analisando o Quadro 4, adaptado da TCPO, pode-se notar que este está dividido em duas colunas, sendo a da esquerda representada pela cor verde, mostrando que são fatores que colaboram com a produtividade e a coluna da direita, representada pela cor vermelha, mostrando fatores que prejudicam a produtividade. A maioria dos critérios propostos pela TCPO são atendidos pela coluna da esquerda do Quadro 4, fazendo com que a produtividade seja maior. Apenas o fator de “preenchimento de juntas verticais” ocorre na obra, quesito que pode influenciar, mesmo que insignificadamente, na realização do trabalho.

Em termos quantitativos, a TCPO apresenta um intervalo de produtividade, apresentados pela Figura 14. A partir deste intervalo, pode-se obter o rendimento dos pedreiros e analisar quão efetivo é o trabalho realizado. Na Figura 15, observa-se o comparativo da TCPO com a RUP c dos pedreiros.



Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

Figura 15 - RUP PED c x Indicadores da TCPO



Fonte: Autor (2019)

Analisando a Figura 15, conclui-se que a produtividade apresentada varia num intervalo entre o abaixo do mínimo e o rendimento médio. Este resultado é satisfatório e justificado pela mão-de-obra ser empreitada, onde o pagamento depende diretamente da produtividade realizada. Outro fator preponderante é a escolha das ferramentas utilizadas para o assentamento da alvenaria, que acabam agilizando o processo, facilitando o serviço e aumentando a produtividade. Como exemplo de ferramentas utilizadas, podem ser vistas na Figura 16, onde a desempenadeira, associada ao tambor em altura confortável para o manuseio, aumentava a rapidez de aplicação da argamassa, em uma quantidade menor, porém, suficiente para o assentamento dos tijolos.

Figura 16 - Ferramentas de aplicação de argamassa



Fonte: Autor (2019)

Entretanto, alguns outros fatores que atrapalham a produtividade também foram evidenciados na obra. Estes fatores são apresentados nas Figuras 17, 18, 19.

Figura 17 - Recorte da alvenaria para colocação das contra vergas



Fonte: Autor (2019)

Neste local mostrado pela Figura 17, há a necessidade de recortar os tijolos para que o posicionamento da contra verga fique na altura correta. Isso acaba gerando uma dificuldade na hora de recortar e assentar cada peça, dispendendo mais tempo e prejudicando momentaneamente o rendimento não só na execução da alvenaria, mas também na execução da verga e contra verga.

Figura 18 - Recorte da alvenaria para colocação das vergas



Fonte: Autor (2019)

Nesta etapa da Figura 18, também há a necessidade de recorte dos tijolos para o encaixe da verga e depois na continuação da parede, deve-se utilizar blocos recortados para continuar a fiada. Esse processo também gera uma perda de tempo que atrapalha a continuidade do serviço por requerer um maior tempo de execução.

Figura 19 - Recorte para ligação da alvenaria com a laje nervurada



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 19, os recortes devem ser realizados em todos os encontros com a laje nervurada, para a realização deste serviço há uma grande demanda de tempo por questão dos trabalhadores estarem em plataformas de trabalho e os recortes não serem posicionados exatamente ao lado um do outro.

Para isso, pode-se realizar uma paginação das paredes para conhecer os locais onde terão necessidade de recortes e programar uma central de recortes, onde os blocos já serão recortados e preparados para serem somente assentados.

4.1.2 RUP Servente

Para o cálculo dos valores de produtividade do servente no período apresentado, verificou-se que apenas um servente realizava o serviço.

Com relação ao tempo de serviço, o funcionário sempre cumpria o horário de expediente, auxiliando quando havia um ou dois pedreiros realizando o serviço. A partir dessas informações, foi elaborada a Tabela 3, contando com a quantidade de funcionários por data, suas respectivas horas trabalhadas, a quantidade de serviço realizada e os valores das RUP's diárias, cumulativas e potencial. Vale ressaltar, novamente, que os valores das RUP's são considerados melhores quanto menores eles se apresentam.

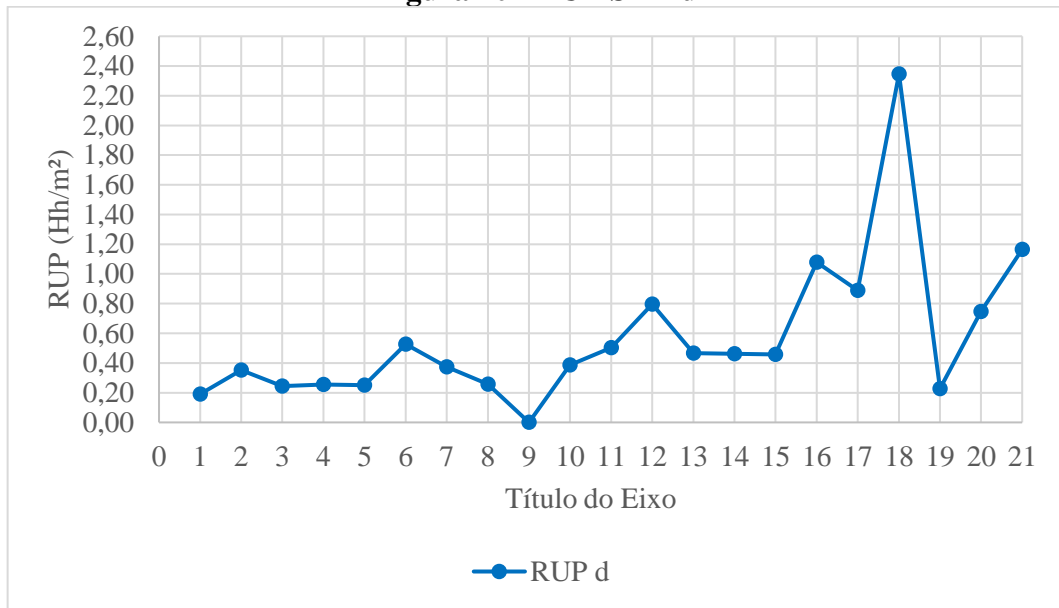
Tabela 3 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas e RUP's do servente

Data	n° SER	Hh SER	Área executada (m ²)	RUP SER d (Hh/m ²)	RUP SER c (Hh/m ²)	RUP SER p (Hh/m ²)
16/ago	1	5,0	26,21	0,19	0,19	
19/ago	1	9,5	27,02	0,35	0,27	
20/ago	1	9,5	38,83	0,24	0,26	
21/ago	1	9,5	37,23	0,26	0,26	
22/ago	1	9,5	37,85	0,25	0,26	
23/ago	1	9,0	17,06	0,53	0,28	
26/ago	1	9,0	24,05	0,37	0,29	
27/ago	1	9,5	36,88	0,26	0,29	
28/ago	0	0,0	0,00	-	0,29	
29/ago	1	9,0	23,27	0,39	0,30	
30/ago	1	8,0	15,89	0,50	0,31	0,25
02/set	1	9,0	11,30	0,80	0,33	
03/set	1	9,5	20,39	0,47	0,34	
04/set	1	9,5	20,59	0,46	0,34	
05/set	1	9,5	20,74	0,46	0,35	
06/set	1	8,5	7,88	1,08	0,37	
09/set	1	9,5	10,69	0,89	0,38	
10/set	1	9,5	4,05	2,35	0,40	
11/set	1	9,5	41,65	0,23	0,38	
12/set	1	9,5	12,72	0,75	0,39	
13/set	1	8,0	6,87	1,16	0,41	

Fonte: Autores (2019)

A partir da Tabela 3, foram elaboradas as Figuras 20, 21, 22. Na figura 20, pode-se notar como é a variação da RUP SER d, pois neste indicador, o tempo de serviço considerado é de um dia, além disso, a RUP do servente depende diretamente da produtividade dos pedreiros, havendo então uma grande variabilidade na produção por fatores como: cansaço acumulado, etapa de execução do serviço, grande presença de recortes, altura das paredes.

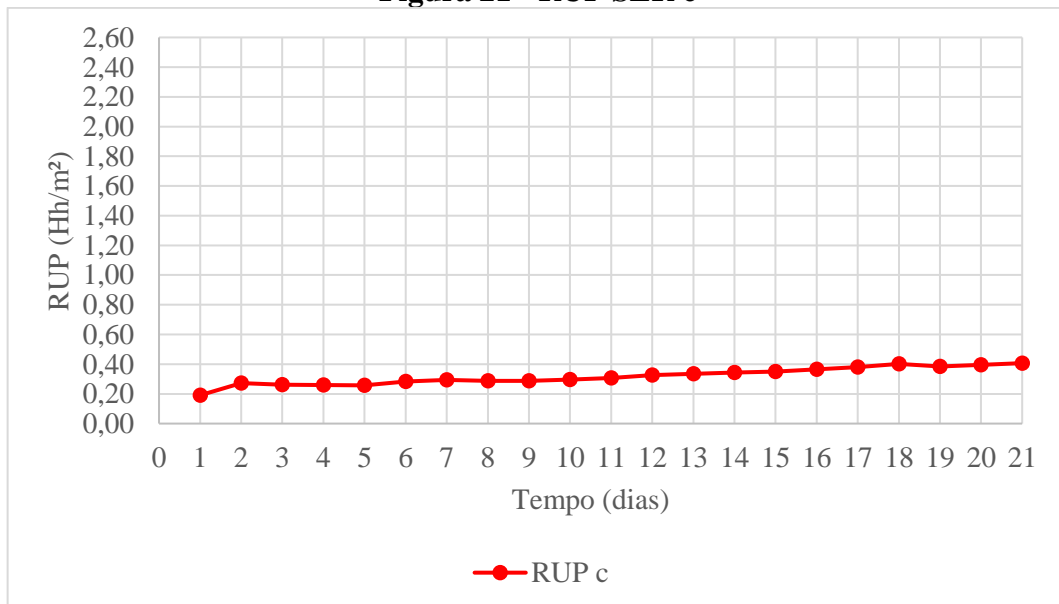
Figura 20 - RUP SER d



Fonte: Autor (2019)

A partir da Figura 21, os dados começam a apresentar-se mais uniformemente, tendo em vista que é a representação da RUP cumulativa, onde seus valores vão acumulando no dia a dia.

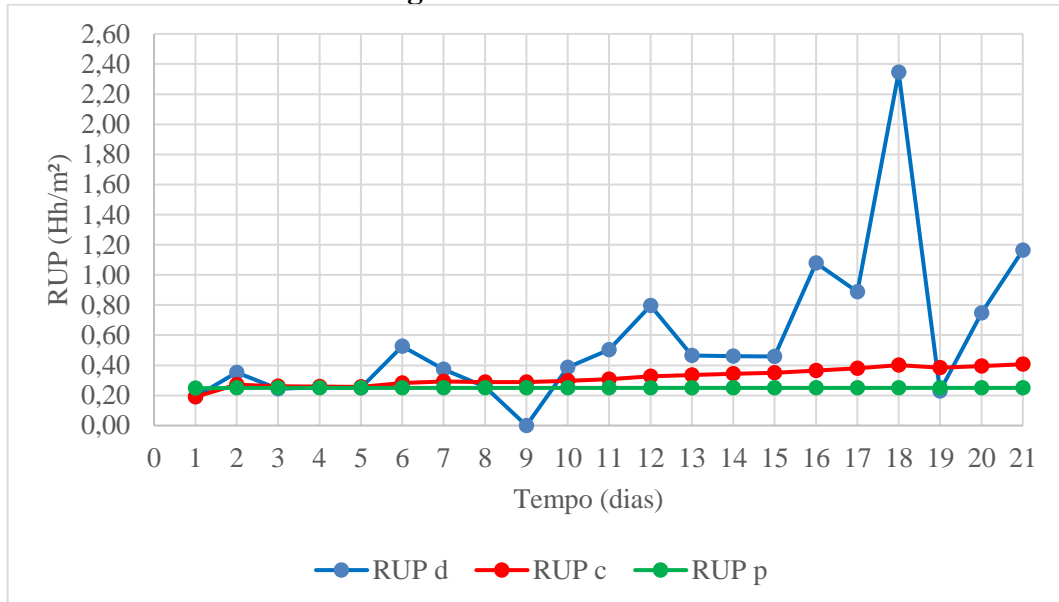
Figura 21 - RUP SER c



Fonte: Autor (2019)

Para a visualização mais fácil da representação das RUP's, a Figura 22 mostra todos os indicativos em um único plano cartesiano. Com isso, fica mais facilmente compreensível a variação das RUP's pela questão do tempo de cálculo.

Figura 22 - RUP's SER

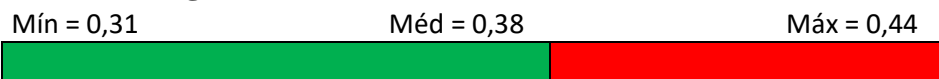


Fonte: Autor (2019)

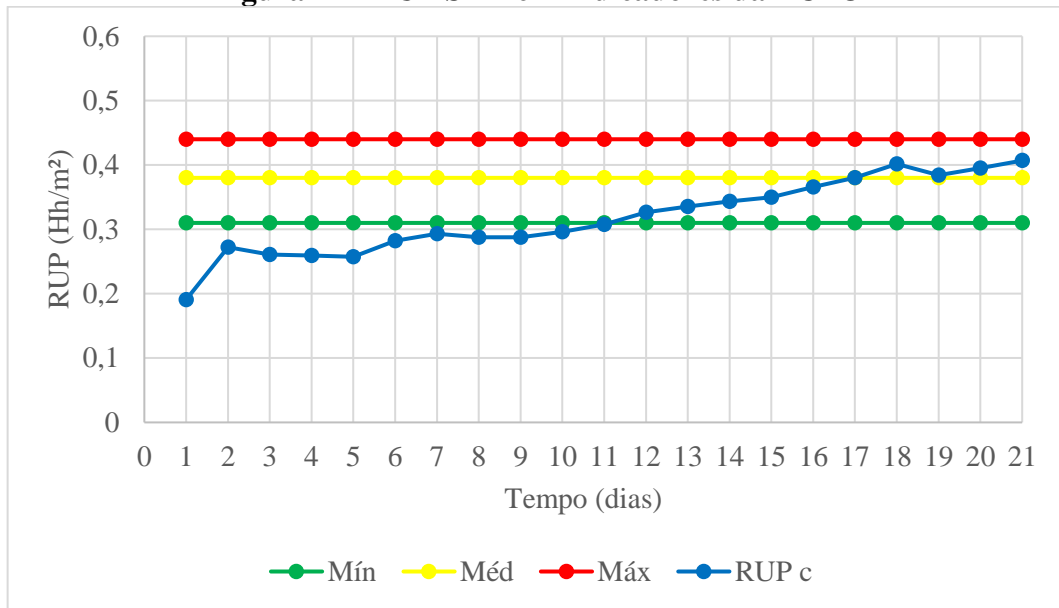
Verifica-se então que a RUP diária apresenta grande variação no tempo, enquanto a cumulativa apresenta a uniformidade do acúmulo diário do serviço, equilibrando os valores de produtividade diárias e atingindo uma boa produção. Para justificar estes valores, os critérios qualitativos da TCPO são os mesmos apresentados no Quadro 4 do item 4.1.1.

Já os valores quantitativos de produtividade são considerados separadamente pela TCPO, sendo representados pelo intervalo mostrado na Figura 23.

Figura 23 - Produtividade do servente (Hh/m²)



Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

Figura 24 - RUP SER c x Indicadores da TCPO

Fonte: Autor (2019)

Analisando a Figura 24, conclui-se que a produtividade apresentada tem um valor inicial abaixo do mínimo da TCPO, variando até pouco acima do rendimento médio. Este resultado é satisfatório e justificado pela mão-de-obra ser empreitada, onde o pagamento depende diretamente da produtividade realizada. Outro fator preponderante é o posicionamento dos tijolos e distribuição da argamassa próximos ao local onde o serviço está sendo realizado pelo pedreiro. A argamassa é produzida na central de argamassa da obra e distribuída em quantidade necessária e suficiente nas frentes de trabalho. Um exemplo destes serviços, pode ser visualizado na Figura 25.

Figura 25 - Posicionamento dos tijolos e argamassa próximos ao serviço

Fonte: Autor (2019)

4.1.3 RUP Direta

Para a determinação da RUP Direta, deve-se considerar os funcionários que contribuem diretamente para a realização do serviço, no caso, a execução da alvenaria. Nesta etapa serão considerados os resultados de produtividade apresentados pelo pedreiro e servente, em um único valor de RUP.

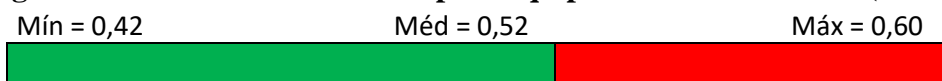
Este valor não é apresentado por tabelas como a TCPO, por exemplo. Sendo assim, para futuras elaborações, estes índices podem começar a ser medidos e estabelecidos seus parâmetros de acordo com as razões individuais apresentadas.

Uma sugestão de método feita pelo autor é de calcular uma faixa de valores a partir dos estabelecidos pela TCPO, identificando a área de produção de cada índice e aplicando à situação desejada.

Neste exemplo, para dois pedreiros e um servente, será aplicada a seguinte maneira de cálculo: se aplicados os índices de produtividade da TCPO com a jornada de 8h de serviço de um pedreiro, encontra-se a quantidade ideal de produção diária. Fazendo o mesmo procedimento para o servente, encontra-se a área ideal de produção diária deste funcionário.

A partir deste momento, para calcular cada intervalo de produção, basta somar as horas de serviço e dividir pela soma das áreas ideais de produção, chegando aos valores apresentados na Figura 26.

Figura 26 - Produtividade direta para equipe de 2 OFC + 1 SER (Hh/m²)



Fonte: Autor (2019)

Os valores são calculados da mesma maneira que a RUP de um funcionário, porém, acumulando o tempo de serviço dos envolvidos. São explícitos pela Tabela 4.

Tabela 4 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas e RUP's direta

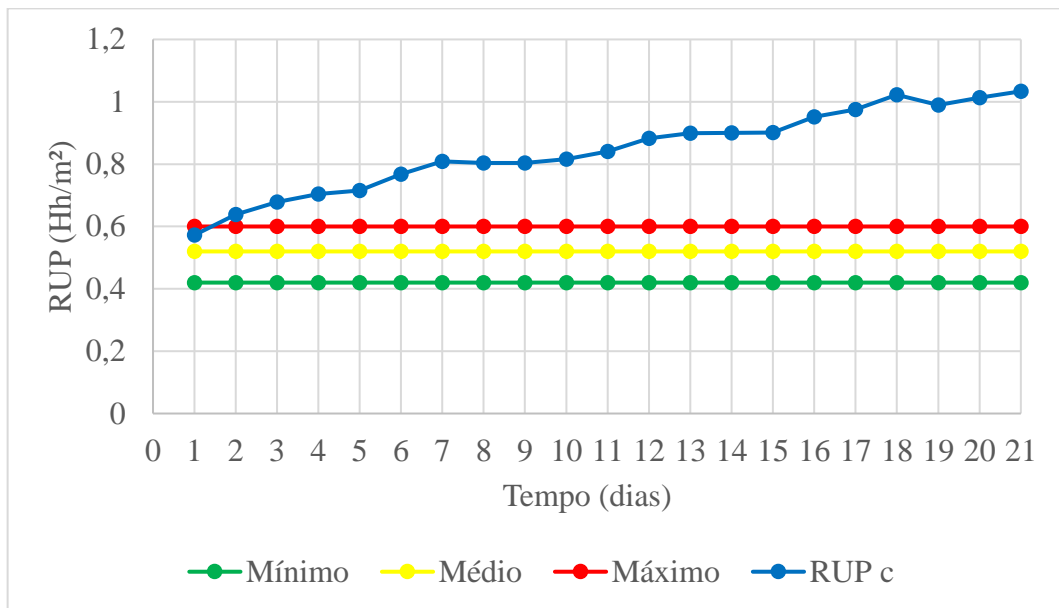
Data	n° PED + SER	Hh DIR	Área executada (m ²)	RUP DIR d (Hh/m ²)	RUP DIR c (Hh/m ²)	RUP DIR p (Hh/m ²)
16/ago	3	15,0	26,21	0,57	0,57	
19/ago	2	19,0	27,02	0,70	0,64	
20/ago	3	28,5	38,83	0,73	0,68	
21/ago	3	28,5	37,23	0,77	0,70	
22/ago	3	28,5	37,85	0,75	0,71	
23/ago	3	22,0	17,06	1,29	0,77	
26/ago	3	27,0	24,05	1,12	0,81	
27/ago	3	28,5	36,88	0,77	0,80	
28/ago	0	0,0	0	-	0,80	
29/ago	3	22,0	23,27	0,95	0,82	
30/ago	3	20,0	15,89	1,26	0,84	0,68
02/set	3	22,0	11,30	1,95	0,88	
03/set	3	23,0	20,39	1,13	0,90	
04/set	2	19,0	20,59	0,92	0,90	
05/set	2	19,0	20,74	0,92	0,90	
06/set	3	25,5	7,88	3,24	0,95	
09/set	2	19,0	10,69	1,78	0,98	
10/set	3	22,0	4,05	5,43	1,02	
11/set	3	28,5	41,65	0,68	0,99	
12/set	3	23,0	12,72	1,81	1,01	
13/set	2	16,0	6,87	2,33	1,03	

Fonte: Autor (2019)

De acordo com o intervalo apresentado na Figura 26 e a RUP DIR p calculada, pode-se notar que o indicador expresso pelo resultado da equipe tem um valor alto, portanto, demonstrando um baixo rendimento. Entretanto, conforme supracitado, este intervalo foi calculado para uma jornada de 8h/dia por funcionário, com uma equipe formada por dois pedreiros e um servente.

Esta situação seria a ideal de trabalho, todavia, nem todos os dias os pedreiros trabalhavam todo o período da jornada e em outros dias havia a presença de somente um pedreiro. Estes fatos acabaram acarretando um pequeno prejuízo na produtividade quando comparado ao que a equipe completa poderia render. Todas essas constatações podem ser evidenciadas a partir da Figura 27.

Figura 27 - RUP DIR c x Indicadores



Fonte: Autor (2019)

4.1.4 RUP Global

A RUP Global considera todos os funcionários envolvidos no processo, de maneira que todos os funcionários que podem influir na produtividade acabam sendo contabilizados para os valores calculados de RUP. Assim sendo, os funcionários considerados para a RUP Global serão os pedreiros, servente e servente responsável pela central de produção de argamassa.

Outro funcionário que pode ser incluído neste processo é o operador da cremalheira, responsável pelo transporte vertical da argamassa, desde sua produção até a frente de trabalho. Apesar disso, neste caso, não será considerado devido à não exclusividade deste operador ao serviço. Os resultados são expressos na Tabela 5.

Tabela 5 - Valores das horas trabalhadas, áreas executadas e RUP's global

Data	nº Funcionários	Hh GLO	Área executada (m ²)	RUP DIR d (Hh/m ²)	RUP DIR c (Hh/m ²)	RUP DIR p (Hh/m ²)
16/ago	4	23,0	26,21	0,88	0,88	
19/ago	3	28,0	27,02	1,04	0,96	
20/ago	4	37,5	38,83	0,97	0,96	
21/ago	4	37,5	37,23	1,01	0,97	
22/ago	4	37,5	37,85	0,99	0,98	
23/ago	4	30,0	17,06	1,76	1,05	
26/ago	4	36,0	24,05	1,50	1,10	
27/ago	4	37,5	36,88	1,02	1,09	
28/ago	0	0,0	0	0,00	1,09	
29/ago	4	31,0	23,27	1,33	1,11	
30/ago	4	28,0	15,89	1,76	1,15	0,90
02/set	4	31,0	11,3	2,74	1,21	
03/set	4	32,0	20,39	1,57	1,23	
04/set	3	28,0	20,59	1,36	1,24	
05/set	3	28,0	20,74	1,35	1,25	
06/set	4	33,5	7,88	4,25	1,31	
09/set	3	28,0	10,69	2,62	1,35	
10/set	4	31,0	4,05	7,65	1,41	
11/set	4	37,5	41,65	0,90	1,36	
12/set	4	32,0	12,72	2,52	1,40	
13/set	3	24,0	6,87	3,49	1,43	

Fonte: Autor (2019)

Em consenso com a Tabela 5, infere-se que a RUP com a maior abrangência dos funcionários acaba prejudicando a produtividade, já que o tempo utilizado começa a englobar etapas na produção que poderiam ser suprimidas. Alternativas como o uso de argamassa estabilizada e argamassa polimérica poderiam beneficiar a produtividade, já que estaria diminuindo um funcionário global do processo, no caso, o servente responsável pela central de argamassa e diminuindo o envolvimento do operador da cremalheira, já que este poderia transportar o material de um dia de serviço todo em uma viagem, por exemplo.

Estas ações são propostas do método de construção enxuta, conforme já abordado neste trabalho, onde o objetivo é simplificar o processo construtivo através da diminuição do número de ações necessárias e maior foco no controle global do processo.

4.2 CONSUMO DE MATERIAIS

Para determinar o consumo de materiais, primeiramente será apresentado a quantidade de cada material que foi consumido durante o processo. Seguidamente, as quantidades de serviço realizada. Esses valores são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Quantidade de materiais, de serviço e consumo unitário de materiais

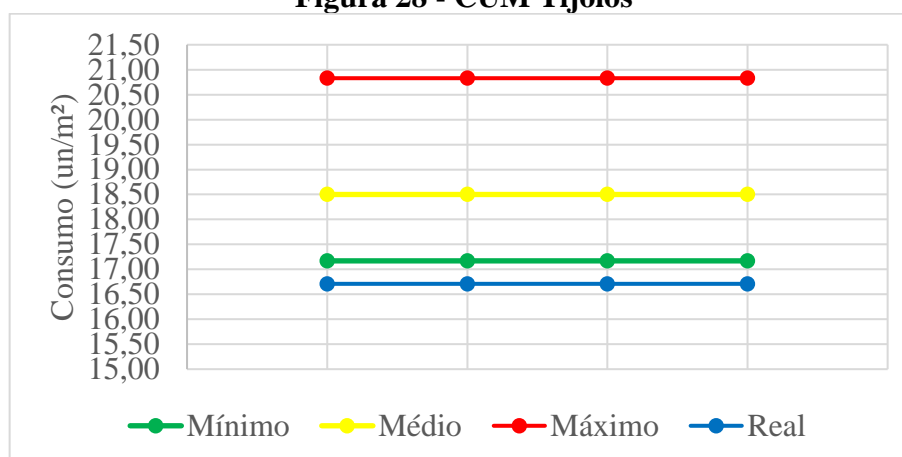
Quantidade de materiais		Quantidade de serviço		CUM	
Tijolo	7373 un	Alvenaria	441,17 m ²	Tijolo	16,71 un/m ²
Cimento	1066,20 kg			Cimento	189,47 kg/m ³
Cal Hidratada	852,96 kg	Argamassa	5,63 m ³	Cal Hidratada	151,58 kg/m ³
Areia	4,26 m ³			Areia	0,76 m ³ /m ³

Fonte: Autor (2019)

Tendo os valores apresentados, pode-se determinar o consumo unitário de materiais. Para a alvenaria, será apresentado um valor de unidades de tijolos consumidos por metro quadrado de parede executado (un/m²) e para a argamassa, este índice será dividido em seus insumos, sendo eles: cimento, cal e areia.

Estes insumos terão seus valores de consumo apresentados em duas maneiras: quilogramas -de cimento ou cal- por metro cúbico de argamassa produzida (kg/m³); metros cúbicos de areia por metro cúbico de argamassa produzida (m³/m³). Os valores são apresentados na Tabela 6.

Os valores apresentados podem ser comparados com as quantidades predeterminadas pela TCPO para consumo. Nas Figuras 28, 29, 30, serão apresentadas as comparações de cada material com sua recomendação de consumo e esclarecidos os fatores que podem ter proporcionados tais valores.

Figura 28 - CUM Tijolos

Fonte: Autores (2019)

Na Figura 28, são apresentados níveis de consumo - mínimo, médio e máximo - de acordo com a TCPO. Estes valores estão ligados diretamente aos fatores de consumo de material, como a qualidade, distancias de transporte (que podem gerar quebras de material), utilização de peças para acerto de modulação, tijolos paletizados etc., apresentados no Quadro 5. O valor real apresentado é de 16,71 un/m², enquanto o consumo mínimo da TCPO é de 17,17 un/m². Esta diferença pode ser esclarecida pela presença da maioria dos fatores que diminuem o consumo, conforme supracitados, e pela TCPO considerar uma porcentagem de perdas (15%) sobre o consumo de materiais, o que na realidade pode ter acontecido de forma menos acentuada. Sendo assim, o valor de recomendação de perdas da TCPO, pode ser diminuído para valores menores, que serão discutidos posteriormente.

Quadro 5 - Fatores que influenciam no consumo de blocos cerâmicos

Fatores Positivos	Fatores Negativos
Utilizam-se peças complementares para acerto da modulação	Tijolos são cortados para acertar modulação
Paredes grandes	Paredes pequenas
Tijolos de boa qualidade	Tijolo de má qualidade
Tijolos paletizados	Tijolos não paletizados

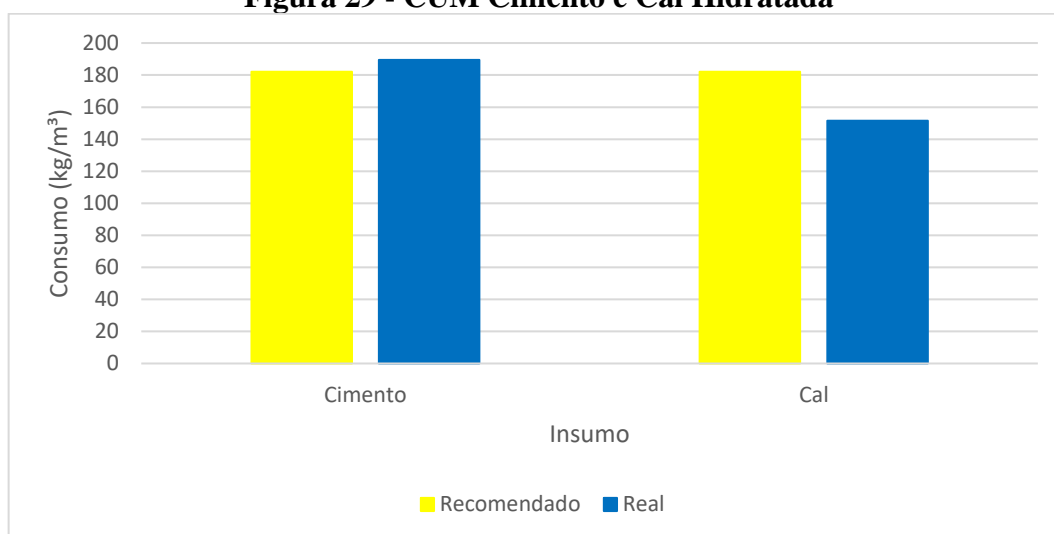
(continua)

Fatores Positivos	Fatores Negativos
Envio do número correto de tijolos para as frentes de trabalho	Número de tijolos aleatórios nas frentes de trabalho
Existência de projeto de alvenaria	Inexistência de projeto de alvenaria
Uso de ferramentas e técnicas adequadas para o corte de componentes de alvenaria	Corte dos componentes é feito com a própria colher de pedreiro ou outras ferramentas e técnicas inadequadas
Controle de qualidade e quantidade no recebimento	Inexistência de controle de qualidade no recebimento
Existência de procedimentos padronizados de execução	Inexistência de procedimentos padronizados
Não adoção de componentes de alvenaria para enchimentos	Adoção de componentes de alvenaria para enchimentos

Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

Para a consideração do consumo da argamassa, de antemão, é importante ressaltar que o traço real da argamassa produzida na obra é de 1:0,8:8, enquanto o traço de comparação da TCPO é 1:1:8. Esta diferença na quantificação da cal hidratada, deve-se à ausência de um equipamento específico para a quantificação do material, por isso, para execução da argamassa, o traço era calculado em sacos de cimento (50 kg) e cal hidratada (25 kg), o que proporciona esta pequena diferença. Para os insumos avaliados a seguir, a TCPO não apresenta consumo mínimo, médio e máximo. Por isso, os valores recomendados são apenas um para cada material.

Figura 29 - CUM Cimento e Cal Hidratada

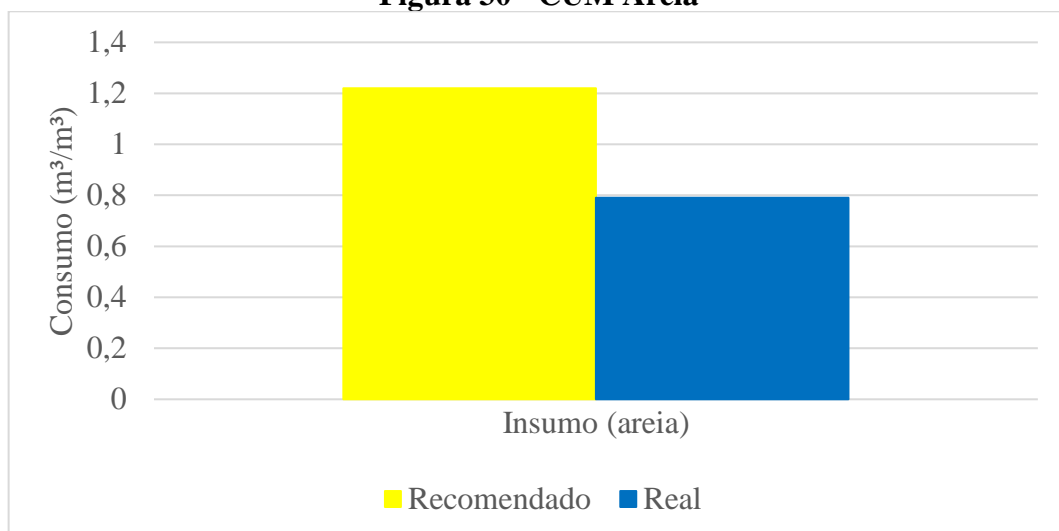


Fonte: Autor (2019)

Em se tratando do consumo de cimento, conforme apresentado pela Figura 29, o consumo real ($189,47 \text{ kg/m}^3$) foi maior do que o recomendado pelo traço da TCPO (182 kg/m^3). Este valor pode ser explicado devido à ausência de equipamentos para medição de quantidades de material e ao traço real ser diferente do traço de comparação da TCPO, o que acaba compensando a quantidade a mais do cimento e areia, devido à menor quantidade de cal hidratada.

A diferença no consumo da cal hidratada, expressa também pela Figura 29, refere-se diretamente ao traço, o qual apresenta a diferença do real para o apresentado pela TCPO. Esta é explicada também pela ausência de equipamentos de quantificação de materiais, o que acaba fazendo com que o consumo real seja de $151,58 \text{ kg/m}^3$, enquanto o indicado pela TCPO é de 182 kg/m^3 .

Figura 30 - CUM Areia



Fonte: Autor (2019)

Na Figura 30, é apresentado o consumo de areia apresentado na obra. O valor real de consumo foi de $0,76 \text{ m}^3/\text{m}^3$, enquanto o indicado pela TCPO é de $1,22 \text{ m}^3/\text{m}^3$. Esta discrepância pode ser elucidada novamente pela ausência de equipamento medidor de quantidade de material na obra, sendo a quantidade de areia então medida pela quantidade de pás de areia colocados na betoneira para a realização da mistura. Este fato acaba gerando uma imprecisão nas quantidades de insumos aplicadas ao traço.

Apesar das diferenças apresentadas separadamente em cada insumo da argamassa, no geral, o consumo apontado foi próximo ao valor médio da TCPO, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 - Intervalo de consumo de argamassa x consumo realizado

TCPO	Real
Mínimo = 0,0053 m ³ /m ²	
Médio = 0,0138 m ³ /m ²	Realizado = 0,01 m ³ /m ²
Máximo = 0,0435 m ³ /m ²	

Fonte: Autor (2019)

Este consumo é reflexo da utilização de ferramentas adequadas, conforme já apresentado e de outros fatores estipulados pela TCPO, conforme o Quadro 6.

Quadro 6 - Fatores que influenciam no consumo de argamassa

Fatores Positivos	Fatores Negativos
Pequena porcentagem de juntas verticais preenchidas	Preenchimento de todas as juntas verticais
Uso de bisnaga ou tabuinha para aplicação de argamassa	Uso de colher de pedreiro para aplicação de argamassa
Existência de procedimentos para dosagem e/ou mistura na obra	Inexistência de procedimentos para dosagem e/ou mistura na obra
Transporte de argamassa com equipamentos e procedimentos adequados	Transporte de argamassa com equipamentos e procedimentos não racionais
Paredes longas	Paredes curtas
Existência de projeto definido	Projeto incompleto ou com indefinições
Existência de componentes complementares para acerto da modulação da alvenaria	Acerto da modulação com argamassa

Fonte: Adaptado de TCPO (2019)

4.3 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO GRAVIMÉTRICA, COEFICIENTE DE DESPERDÍCIO E ÍNDICE DE PERDAS

- Composição gravimétrica do resíduo

De acordo com a análise gravimétrica realizada, espera-se que todos os resíduos sejam de Classe A, pois na execução de alvenaria os materiais utilizados são tijolos e argamassa, entretanto, é pertinente este estudo para determinar a porcentagem de cada material presente

em uma amostra. A amostra retirada representa todo o entulho gerado em um dia de serviço, tendo ela o volume de uma carriola, conforme Figura 31.

Durante todo o tempo de coleta de dados, foi medida a quantidade de resíduos gerados por dia, tendo seus valores quase constantes, de uma a duas carriolas de entulho gerados por dia de serviço. Por este motivo, foi considerado que uma amostra pode ser representativa de toda a geração durante o período de análise.

Figura 31 – Resíduos gerados em um dia de serviço



Fonte: Autor (2019)

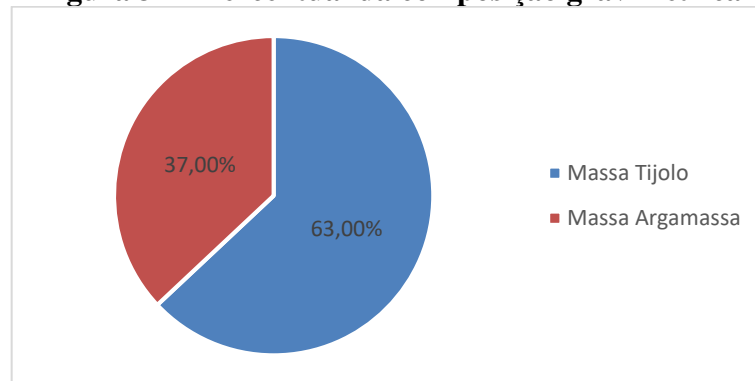
Sendo assim, os resultados obtidos foram os seguintes presentes na Tabela 8.

Tabela 8 - Composição gravimétrica

Massa Total	37,15 kg
Massa Tijolo	23,41 kg
Massa Argamassa	13,74 kg

Fonte: Autor (2019)

Diante do exposto, comprova-se o esperado, tendo somente a presença de resíduos Classe A, sendo a maioria de tijolos, conforme observado pelas porcentagens da Figura 32. Apresentou-se então uma porcentagem de 37,00% de argamassa e a maioria de 63,00% de tijolos na amostra analisada.

Figura 32 – Percentual da composição gravimétrica

Fonte: Autor (2019)

Uma alternativa proposta e realizada na obra em estudo para o reaproveitamento deste material, é a aplicação do mesmo para o nivelamento do piso térreo e posterior compactação e execução do contrapiso. Outra alternativa possível e recomendada é a utilização deste material para a elaboração de um tipo de agregado. O uso dos resíduos na obra é mostrado pela Figura 33.

Figura 33 – Utilização dos resíduos na obra

Fonte: Autor (2019)

- Coeficiente de desperdício

O coeficiente de desperdício foi calculado para observar qual foi a diferença de quantidade de materiais adquiridos no momento da orçamentação e a quantidade realmente utilizada na execução da alvenaria. A partir do método proposto para a realização desta etapa, foi necessário saber primeiramente a composição gravimétrica dos resíduos, para que pudesse

ser conhecida a quantidade de materiais totais presentes na obra, sendo esta a quantidade de material realmente utilizado somada a quantidade de material desperdiçado.

Para isso, a composição gravimétrica do resíduo da obra foi generalizada para todos os 21 dias da coleta de dados. Em todo o período, foram retiradas 28 carriolas de entulho, gerando uma quantidade de 168 unidades de blocos desperdiçados; 48,72 kg de cimento; 38,92kg de cal hidratada e 0,28 m³ de areia. Com esses dados e os já apresentados na Tabela 6 do item 4.2 deste trabalho, pode-se calcular os coeficientes, apresentados na Tabela 9.

Tabela 9 - Coeficiente de desperdício de materiais

Blocos	2,23%
Cimento	4,37%
Cal	4,36%
Areia	6,17%

Fonte: Autor (2019)

Analisando a Tabela 9, é possível observar que a quantidade de blocos compradas poderia ser, contando com uma margem de segurança, apenas 5% maior do que a quantidade orçada. Esta porcentagem ainda é menor do que a considerada pela TCPO (15%), representando uma possível economia para a empresa no momento da compra.

Para os insumos utilizados na argamassa, pode-se também com uma margem de segurança determinar um coeficiente de 10% a mais das quantidades orçadas. Este valor também é menor do que o apresentado pela TCPO (20%), gerando assim, um outro ponto de economia de materiais e consequentemente monetária.

Também é possível realizar uma análise de desperdício considerando apenas a argamassa como produto final. Neste caso, o coeficiente de perda apresentado foi de 4,56%, possibilitando então a compra de 5% a mais deste material.

- Índice de perdas

O índice de perdas demonstra o volume de cada material que foi perdido em relação a quantidade serviço executado. Este índice é importante para saber qual o volume total de resíduo gerado, sendo indispensável onde a legislação condiciona este levantamento prévio para a liberação da obra e posterior comparação de geração de resíduos, fazendo este fator preponderante para a liberação do Habite-se (PGIRS APUCARANA, 2017). É importante

ressaltar que estes índices são relacionados apenas a execução da alvenaria convencional com função de vedação. Os valores obtidos neste estudo são apresentados na Tabela 10.

Tabela 10 - Geração de resíduos, quantidade de serviço e índice de perdas

Material	Resíduo (m ³)	Área executada de alvenaria (m ²)	IP	un.
Tijolo	0,6554	441,17	0,0015	m ³ /m ²
Argamassa	0,3848	441,17	0,0009	m ³ /m ²
Total	1,0402	441,17	0,0024	m ³ /m ²

Fonte: Autor (2019)

A partir dos índices apresentados, pode-se ter uma noção da quantidade de resíduos geradas pelo serviço especificado. Sendo assim, a partir de resultados de outros trabalhos, é possível realizar um breve comparativo de resultados, capaz de indicar o quão grande é a geração nesta obra em estudo.

Segundo Sáez *et al.* (2014), a geração média de resíduos na execução de alvenaria convencional atinge uma taxa de 0,192 m³/m², um valor superior a utilização de placas de gesso para execução de paredes que apresenta uma taxa de 0,188 m³/m². Neste estudo, a taxa de geração de resíduos apresentada chegou a um valor de 0,0024 m³/m², sendo a maior parcela responsável por esse valor representada pelos tijolos.

Sendo assim pode-se inferir, novamente, que a utilização de equipamentos, ferramentas e composição adequadas da mão-de-obra fornecem não só um aumento na produtividade, mas também um menor consumo de materiais e um menor índice de perdas.

4.4 CUSTO DAS EQUIPES

Para a determinação dos custos, foi utilizado os valores da mão-de-obra convencionados pelo SINDUSCON Paraná Norte para os anos de 2019/2020, sendo eles de R\$ 8,36 por hora para o pedreiro e R\$ 5,47 por hora para o servente. A partir dessa informação e dos valores de rendimento obtidos e já apresentados anteriormente, calcula-se o custo da mão-de-obra, apresentados na Tabela 11.

É importante ressaltar que o valor de rendimento utilizado do presente trabalho, foi o estabelecido pela RUP cumulativa, pois ela apresenta valores mais condizentes com a realidade da mão-de-obra. Para a TCPO, os rendimentos são apresentados em três faixas, sendo elas mínima, média e máxima. A SINAPI também apresenta apenas um valor de rendimento, sendo o maior entre todos os indicadores apresentados - indicando o pior rendimento.

Tabela 11 - Custo da mão-de-obra para execução de alvenaria convencional

Base de dados	M.O.	un.	Rendimento (Hh/m ²)			Área executada (m ²)	Horas		
			Mín	Méd	Máx		Mín	Méd	Máx
TCPO	PED	h/m ²	0,51	0,64	0,74	441,17	225	282	326
	SER	h/m ²	0,31	0,38	0,44	441,17	137	168	194
SINAPI	PED	h/m ²	N/A	1,37	N/A	441,17	N/A	604	N/A
	SER	h/m ²	N/A	0,69	N/A	441,17	N/A	302	N/A
REAL	PED	h/m ²	N/A	0,53	N/A	441,17	N/A	234	N/A
	SER	h/m ²	N/A	0,32	N/A	441,17	N/A	141	N/A

Fonte: Autor (2019)

Tabela 11 – Custo da mão-de-obra para execução de alvenaria convencional (continuação)

Base de dados	Valor-hora (R\$/h)		Custo Totais		
			Mín	Méd	Máx
TCPO	R\$	8,36	R\$ 1.880,97	R\$ 2.360,44	R\$ 2.729,25
	R\$	5,47	R\$ 748,09	R\$ 917,02	R\$ 1.061,81
SINAPI	R\$	8,36	N/A	R\$ 5.052,81	N/A
	R\$	5,47	N/A	R\$ 1.653,04	N/A
REAL	R\$	8,36	N/A	R\$ 1.954,74	N/A
	R\$	5,47	N/A	R\$ 772,22	N/A

Fonte: Autor (2019)

Diante da observação dos resultados da Tabela 11, é possível concluir que conhecendo a mão-de-obra, sua produtividade, consumo e seus desperdícios, pode-se obter com mais precisão os custos do serviço. Isso significa maior competitividade para as empresas que contam com esse banco de dados, gerando mais possibilidades de negócio, com menos riscos e imprecisões.

Para fim de comparação, os valores reais e da SINAPI foram posicionados no custo médio apresentado pela TCPO. Sendo assim, foram feitas algumas considerações relacionando o custo da bibliografia com os da obra.

Para a mão-de-obra do pedreiro, os valores da TCPO foram 20,75% e da SINAPI 554,32% maiores do que os obtidos pela produtividade da obra. Já para o servente, o valor da TCPO foi de 18,75% maior, enquanto da SINAPI foi 114,06% maior.

Pela diferença expressiva apresentada pela SINAPI, verificou-se que em sua composição, ela tem a presença de tela de aço soldada galvanizada/ zincada para alvenaria e pinos de aço com furo, sendo sugestiva que a instalação das telas é realizada pela mesma mão-de-obra que executa a alvenaria. Entretanto, na obra utilizada para este estudo, o serviço citado também era realizado, fazendo parte de suas atribuições, portanto, contempladas na produtividade. Este serviço pode ser visualizado pela Figura 34.

Figura 34 – Telas para alvenaria



Fonte: Autor (2019)

5 CONCLUSÃO

Após a elaboração de toda a pesquisa e diante dos resultados explanados, infere-se que a qualidade da mão-de-obra estudada no presente trabalho apresenta um valor coerente de produtividade perante as situações de serviço ao qual estão submetidas. Além disso, faz-se necessário destacar que a escolha dos materiais e ferramentas adequados, além do correto dimensionamento da equipe, permite que estes indicadores sejam potencializados, elevando o nível da qualidade do serviço e de sua facilidade de execução.

Outro fator importante a se ressaltar, é que os valores de produtividade da mão-de-obra podem formar um banco de dados da empresa, motivando a mesma na busca de sempre utilizar a equipe que ofereça a melhor relação custo x benefício. Isso também pode encorajar a empresa a buscar conhecer melhor a produtividade de outros serviços presentes em seu canteiro de obras, priorizando-os de acordo com a indicação da curva ABC, focando primeiramente nos serviços que exprimem um maior custo em relação ao custo total do empreendimento.

Em relação ao consumo de materiais apresentado, é importante conhecer o quanto a mão-de-obra consome para que a aquisição dos materiais seja feita em conformidade com a sua utilização. Em se tratando de custo, um novo ponto que pode ser utilizado como benefício da empresa ao conhecer a produtividade da sua mão-de-obra tem relação com a competitividade no mercado, onde a empresa sabe realmente o que vai utilizar e quanto vai custar, garantindo então a realização do serviço com preços mais atrativos sem alterar a margem de lucro.

Com relação ao quantitativo de materiais, pode-se identificar desperdícios ocorrentes na obra, comparando os valores com previsões de consumo encontradas na literatura, por exemplo, na TCPO e Sinapi. Este fator pode ser determinante também para a obtenção de certificados ambientais que estão se tornando muito populares devido à grande importância que vem sendo dedicado a esta temática nos tempos atuais e que agregam muito valor final ao produto.

Quanto à perda de materiais, este item é muito importante para o devido encaminhamento dos resíduos para locais corretos e licenciados. Sua separação também é primordial, pois uma parcela muito grande destes pode ser reciclada ou reaproveitada. Este tópico também reflete a qualidade da mão-de-obra em relação a quantidade de material que foi perdido, apresentando neste caso uma boa relação de produtividade.

Findando as considerações, este trabalho apresenta indicadores que devem ser monitorados periodicamente, pois as variáveis apresentadas podem ser aperfeiçoadas, modificando os valores deste estudo. Sendo assim, destaca-se a importância de conhecer cada

local de trabalho, condição de trabalho, recursos disponíveis e disponibilidade dele, tendo então uma maior precisão e atualização dos dados.

5.1 TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para futuras pesquisas, sugere-se alguns tópicos para estudo como:

- Análise da produtividade na execução de paredes internas do pavimento-tipo;
- Análise da execução de um pavimento-tipo por completo e determinação da RUP cíclica desse pavimento;
- Comparação da RUP cíclica dos pavimentos-tipo a fim de verificar a interferência do efeito aprendizagem;
- Realização do estudo gravimétrico em consonância com a ABNT NBR 10007:2004 - Amostragem de resíduos sólidos;
- Estudos comparativos entre a mão-de-obra de obras de grande e pequeno portes;

Sendo assim, pode-se obter resultados complementares a este estudo e de grande relevância para a área, buscando a melhoria dos processos e o maior entendimento do funcionamento das tarefas realizadas nas obras.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, L. O. C. de; SOUZA, U. E. L. **Produtividade da mão-de-obra na execução de alvenaria**: detecção e quantificação de fatores influenciadores. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2001.

ARAÚJO, N. M. C.; CARNAÚBA, T. M. G. V. Composição gravimétrica e massa específica dos RCD oriundos de obras de edificações verticais de Maceió. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., Canela, 2010. **Anais [...]** Canela: ANTAC, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 1984.

_____. **ABNT NBR 10004**: Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **ABNT NBR ISO 9000**: Sistema de gestão da qualidade – Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA (ANICER), “Dados do setor”. Disponível em: <https://www.anicer.com.br/anicer/setor/>. Acesso em 23 out. 2019.

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.

BERNARDES, A. *et al.* Quantificação e Classificação dos Resíduos da Construção e Demolição Coletados no Município de Passo Fundo, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 3, p. 65-76, jul./out. 2008.

BRANDSTETTER, M. C. de O.; SANTOS, F. C. dos; CARASEK, H. **Redução do tamanho do lote em projetos como estratégia de implementação do fluxo contínuo**. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 79-98, jul./set. 2013.

COÊLHO, R. S de A. **Método para Estudo da Produtividade da Mão-de-Obra na Execução de Alvenaria e seu Revestimento em Ambientes Sanitários**. 2003. 185 f. Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Estadual de Campinas/ Faculdade de Engenharia Mecânica, São Luís, 2003.

CONAMA, Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA; “Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil”; publicada no Diário Oficial da União em 17/07/2002; Brasília, DF.

COSTA NETO, R. P. da; SILVA, L. M. da; OLIVEIRA, F. S. G.; ALVARES, F. H. B. **Gestão da produtividade total**: definição de produtividade a partir de sete constatações. REUCP, Petrópolis, v.7, nº2, p. 83-94, 2012.

DANTAS, J. D. F. **Produtividade da mão de obra – Estudo de caso: métodos e tempos na indústria da construção civil no subsetor de edificações na cidade de João Pessoa- PB**. 2011. 68 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2011.

DIAS, S. do R. B. M.; HELENE, P. R. do L. **O Fator Humano – A Motivação do Trabalhador da Construção Civil**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 1992.

DING, T.; XIAO, J. Estimation of building-related construction and demolition waste in Shanghai. **Waste Management**, v. 34, p. 2327-2334, 2014.

FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; HIROTA, E. H. Method for Waste Control in the Building Industry. **Proceedings IGLC-7**. 26-28 July 1999, University of California, Berkeley, CA, USA.

GALLO, S. R. **Estudo de produtividade da alvenaria de vedação em edifícios verticais**. 2016. 64 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

GOMES, C. **Antecedentes do Capitalismo**. Almada, 2008

HERCULANO, M. T. **Produtividade em alvenaria de vedação de blocos cerâmicos: análise comparativa**. 2010. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. “Panorama da cidade de Apucarana – PR”. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/apucarana/panorama>. Acesso em 23 out. 2019.

KALSAAS, B. T. **Work-Time Waste in Construction**. Proceedings of the 18th Annual Conference of the IGLC, p. 507-517, 2010.

KOSKELA, L. **Application of the New Production Philosophy to Construction**. CIFE Technical Report, #72. September, 1992.

LIMA, A. T. M. **Caracterização da tecnologia construtiva para a execução de alvenaria nas edificações da cidade de Fortaleza**. Monografia (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, 2006.

LIMA, T. Como fazer a composição de custo unitário de sua obra. **Sienge Platform**. Ago. 2018. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/como-fazer-a-composicao-de-custo-unitario-de-sua-obra/>. Acesso em: 08 jun. 2019.

LORENZON, I. A. **A medição de desempenho na construção enxuta: estudos de caso**. 2008. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2008.

MARDER, T. S. **A produtividade da mão-de-obra no serviço de alvenaria no município de Ijuí**. 2001. 73 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2001.

MARTINS, J. B.; DEMÉTRIO, J. C. C.; DEMÉTRIO, F. J. C. Lean construction: uma análise comparativa em canteiros de obra de São Luís – MA. **Revista de Engenharia Civil**. N. 54, p. 36 – 45, mar. 2018.

MATTOS, A. D. Como interpretar uma composição de custos. **Blogs PINI** Fev. 2015. Disponível em: <http://blogs.pini.com.br/posts/Engenharia-custos/como-interpretar-uma-composicao-de-custos-338922-1.aspx>. Acesso em: 08 jun. 2019.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, É. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.

MORAES, M. C. B. **As perdas na construção civil: Gestão do desperdício - Estudo de caso no condomínio Costa Esmeralda**. 1997. 233 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1997.

NESSRALLA, Maria Aparecida. **Resistência à compressão de paredes de alvenaria estrutural: bloco cerâmico de 44cm**. 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013.

OLIVEIRA, C. B. **Avaliação de Indicadores de Planejamento e Controle da Produção na Construção: boas práticas, eficácia e prazo**. 2010. 194 f. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

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**. 1999. 505 f. Dissertação (Mestrado), Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PALIARI, J. C.; SOUZA, U. E. L. **Método simplificado para prognóstico do consumo unitário de materiais e da produtividade da mão-de-obra: sistemas prediais hidráulicos**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP. São Paulo, 2008.

PEREIRA, H. R. S. **Estudo da densidade de massa em argamassas com areia de fundição e vermiculita expandida**. Projeto de iniciação científica. Jaraguá do Sul: Centro Universitário Católica de Santa Catarina, Setor de pesquisa da Pró-reitora Acadêmica, 2015. 12 p.

PINHO, S. A. C.; LORDSLEEM JR, A. C. O custo da perda de blocos/tijolos e argamassa da alvenaria de vedação: estudo de caso na construção civil. In: **XVI Congresso Brasileiro de Custos**, 2009, Fortaleza.

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 materiais. In: Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 3., 2013, Campinas. **Anais** [...] Porto Alegre: ANTAC, 2013.

PMA/SEMA/SOA – PREFEITURA MUNICIPAL DE APUCARANA. SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE DE APUCARANA. SECRETARIA DE OBRAS DE APUCARANA, 2017. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos. Apucarana: SEMA/SOA/Prefeitura de Municipal de Apucarana.

RODRIGUES, M. V. C. **Ações para a qualidade: gestão estratégica e integrada para a melhoria dos processos na busca da qualidade e competitividade.** 3.ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2010.

ROSA, F. P. **Perdas na construção civil: diretrizes e ferramentas para o controle.** 2001. 161 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

SÁEZ, P. V.; MERINO, M. del R.; AMORES, C. P.; GONZÁLEZ, A. S. A. Assessing the accumulation of construction waste generation during residential building construction works. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 93, p. 67-74, 2014.

SARMENTO, V. T. **QUALIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Construção enxuta: A utilização do método construtivo de paredes de concreto armado moldadas in loco com fôrmas de alumínio em unidades habitacionais.** 2018. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Maranhão. São Luís, 2018.

SILVA, A. S. da.; SOUZA FILHO, W. B. de.; SANTOS, C. M. da S.; ARAÚJO, A. P. D. **Análise das perdas de materiais no serviço de alvenaria: estudo de caso realizado em obras de edificações residenciais de pequeno porte.** Revista Principia, João Pessoa. N. 35, p. 90 – 102, jun. 2017.

SILVA, A. K. F da. **Análise de práticas de gestão de pessoas na construção civil.** 2018. 78 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro/ Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2018.

SILVEIRA, D. R. D. da; AZEVEDO E. S. de; SOUZA, D. da M. O. de; GOUVINHAS R. P. Qualidade na construção civil: um estudo de caso em uma empresa da construção civil no Rio Grande do Norte. In: XII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Curitiba. **Anais [...]** Curitiba: ABEPRO, 2002.

SINAPI – Índices da Construção Civil. Disponível em: http://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-a-partir-jul-2009-pr/SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_PR_042019_Desonerado.zip. Acesso em: 08 jun. 2019.

SINDUSCON Paraná Norte. Sindicato da Indústria da Construção Civil. “Convenção Coletiva”. Londrina: SINDUSCON-PR. Disponível em: <https://www.sinduscon-nortepr.com.br/federacao>. Acesso em: 04 de novembro de 2019.

SOARES, T. B.; RODRIGUES, N. C. S.; MIRANDA, D. A. de. **Análise crítica de indicadores de produtividade e desperdício de material em sistema de alvenaria de vedação racionalizada.** Revista Construindo, Belo Horizonte. V. 9, n. 02, p. 01 – 15, jul./ dez. 2017.

SOUZA, R. *et al.* **Sistema de gestão da qualidade para empresas construtoras.** São Paulo, PINI, 1995.

SOUZA, U. E. L. **Resultados parciais dos projetos aprovados na chamada pública.** Jan. 2003. 15 f. Notas de aula.

SOUZA, U. E. L.; PALIARI, J. C.; AGOPYAN, V.; ANDRADE A. C. Diagnóstico e combate à geração de resíduos na produção de obras de construção de edifícios: uma abordagem progressiva. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 33-46, out./dez. 2004.

SPLENDOR, L. A. **O programa brasileiro de qualidade e produtividade no habitat (PBQP-H): um estudo de caso numa construtora do Paraná.** 2012. 53 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2012.

TCPO, Tabela de Composição de Preços para Orçamentos. – 14. ed. – São Paulo: PINI, 2012.

TESSARO, A. B.; SÁ, J. S.; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012.

TONIN, L. A. P.; SCHAEFER, C. O. **Diagnóstico e aplicação da lean construction em construtora.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 33., Salvador, 08 – 11 out. 2013.

VASCO, R. Reduzir o retrabalho em obras: saiba como isso é possível. **Planejamento.** Disponível em: <http://www.stant.com.br/reduzir-o-retrabalho-em-obras-saiba-como-isso-e-possivel/>. Acesso em: 02 jun. 2019.

VIEIRA, B. A.; NOGUEIRA, L. (2018), “Construção civil: crescimento versus custos de produção civil”, **Sistemas & Gestão**, Vol. 13, No. 3, p. 366-377, disponível em: <http://www.revistasg.uff.br/index.php/sg/article/view/1419>. Acesso em: 22 set. 2019.

YAZIGI, W. **A Técnica de Edificar.** 2009. 10ª Edição. SindusCon: Editora PINI, São Paulo, 2009.

ZOTTI, F. A. **Análise da organização e layout do canteiro de obras no município de Campo Mourão – PR.** 2015. 57 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

APÊNDICE A

Formulário para Levantamento de Dados sobre Execução de Alvenaria

Obra: _____

SEMANA	Segunda-feira. Data: __/__/____						
		Quantidade	Área Produzida	Início	Término	Entulho	
	()	Cimento					
		Areia					
		Cal					
		Argamassa usinada					
		Oficial					
		Servente					
Terça-feira. Data: __/__/____							
	Quantidade	Área Produzida	Início	Término	Entulho		
() 1	Cimento						
	Areia						
	Cal						
	Argamassa usinada						
	() 2	Oficial					
		Servente					
Quarta-feira. Data: __/__/____							
	Quantidade	Área Produzida	Início	Término	Entulho		
() 3	Cimento						
	Areia						
	Cal						
	Argamassa usinada						
	() 4	Oficial					
		Servente					
Quinta-feira. Data: __/__/____							
	Quantidade	Área Produzida	Início	Término	Entulho		
()	Cimento						
	Areia						
	Cal						
	Argamassa usinada						
	Oficial						
	Servente						
Sexta-feira. Data: __/__/____							
	Quantidade	Área Produzida	Início	Término	Entulho		
()	Cimento						
	Areia						
	Cal						
	Argamassa usinada						
	Oficial						
	Servente						