

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA – UFSC  
CENTRO TECNOLÓGICO – CTC  
ENGENHARIA CIVIL**

**MATHEUS MORETTI**

**SUBSÍDIOS PARA A ESCOLHA DA VEDAÇÃO VERTICAL:  
PRODUTIVIDADE, CONSUMO DE MATERIAIS E QUALIDADE FINAL NA  
EXECUÇÃO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E RACIONALIZADA.**

**FLORIANÓPOLIS**

**2016-2**

**MATHEUS MORETTI**

**SUBSÍDIOS PARA A ESCOLHA DA VEDAÇÃO VERTICAL:  
PRODUTIVIDADE, CONSUMO DE MATERIAIS E QUALIDADE FINAL NA  
EXECUÇÃO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E RACIONALIZADA.**

Trabalho de conclusão apresentado ao  
Curso de Engenharia Civil do  
Departamento de Engenharia Civil, da  
Universidade Federal de Santa Catarina  
como requisito para obtenção do grau de  
Engenheiro Civil. Sob a orientação da  
professora Dr<sup>a</sup> Fernanda Fernandes  
Marchiori.

**FLORIANÓPOLIS**

**2016-2**

Moretti, Matheus.

Alvenaria Racionalizada. Subsídios para a escolha da vedação vertical: produtividade, consumo unitário de materiais e qualidade final na execução de alvenaria convencional e racionalizada / Matheus Moretti.

Florianópolis, Departamento de Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2016, 73 p.

Tipo de Trabalho: Trabalho de Conclusão de Curso para graduação em Engenharia Civil.

Alvenaria Racionalizada.

MATHEUS MORETTI

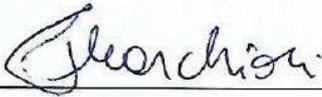
**SUBSÍDIOS PARA A ESCOLHA DA VEDAÇÃO VERTICAL:  
PRODUTIVIDADE, CONSUMO DE MATERIAIS E QUALIDADE FINAL NA  
EXECUÇÃO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E RACIONALIZADA.**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado e aprovado, em sua forma final, pelo Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 02 de dezembro de 2016.

Prof. Luiz Alberto Gómez, Dr.  
Coordenador do curso.

**Banca examinadora:**



---

Profª Fernanda Fernandes Marchiori, Dra.  
Orientadora

Prof. Humberto Ramos Roman, PhD.

Engº Civil Darvil Lucas Bianchet.

## RESUMO

MORETTI, Matheus. **Subsídios para a escolha da vedação vertical: produtividade, consumo de materiais e qualidade final na execução de alvenaria convencional e racionalizada.** 73p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2016.

Como consequência da crescente competitividade no setor da construção civil simultaneamente a época de crise é fundamental a escolha de materiais e técnicas que busquem otimizar a produtividade e a qualidade final do produto. Frente a este desafio este trabalho de conclusão de curso tem como propósito essencial fornecer subsídios para a escolha do tipo de vedação, se convencional ou racionalizada. Para isso realizou-se um estudo de caso detalhado a fim de coletar dados de produtividade, consumo unitário de materiais e qualidade final do produto. Com o tratamento e análise dos dados obtidos em obra foi possível constatar, não apenas qual o tipo de sistema de vedação mais aconselhável para a obra em questão como também servir de suporte para obras futuras que desejem informações consistentes sobre qual o sistema de vedação mais apropriado para o empreendimento.

Palavras Chave: Alvenaria racionalizada; produtividade; consumo unitário de materiais.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Alvenaria convencional com qualidade insatisfatória.....	14
Figura 2 - Alvenaria racionalizada com boa execução.....	17
Figura 3 - Processo de transformação de entradas em saídas.....	20
Figura 4 - Tipos de mão-de-obra considerada.....	22
Figura 5 - Área de alvenaria executada.....	24
Figura 6 - Horas em alvenaria para duas casas.....	26
Figura 7 - Fases da pesquisa.....	31
Figura 8 - Planta baixa para medição dos serviços.....	33
Figura 9 - Entulho resultante da execução da alvenaria convencional.....	35
Figura 10 - Fachada da obra.....	37
Figura 11 – Descarga e movimentação dos blocos cerâmicos.....	38
Figura 12 - Recebimento da argamassa estabilizada.....	39
Figura 13 - Estrutura de concreto após aplicação do chapisco.....	40
Figura 14 - Modulação dos blocos para assentamento da primeira fiada.....	41
Figura 15 - Marcação da primeira fiada na alvenaria convencional.....	42
Figura 16 - Elevação da alvenaria com a utilização do escantilhão.....	42
Figura 17 – Amarração entre alvenaria e estrutura.....	43
Figura 18 - Execução da contra verga na alvenaria convencional.....	44
Figura 19 - Utilização de blocos canaletas para confecção de contra verga.....	44
Figura 20- RUP oficial elevação para alvenaria convencional.....	48
Figura 21 - RUP oficial elevação para alvenaria racionalizada.....	49
Figura 22 - Previsão da RUP oficial em função do efeito aprendizagem.....	51
Figura 23 - Assentamento alvenaria racionalizada.....	58
Figura 24 - Conferência da planeza na alvenaria racionalizada.....	61
Figura 25 - Conferência de prumo na alvenaria convencional.....	61
Figura 26 - Execução final da alvenaria racionalizada.....	62
Figura 27 - Execução final da alvenaria convencional.....	62

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Redução no tempo de produção pelo efeito aprendizagem .....	25
Quadro 2 - Levantamento de Hxh .....	32
Quadro 3 – Levantamento da quantidade de serviço (elevação) .....	33
Quadro 4 - Levantamento da quantidade de serviço (marcação).....	34
Quadro 5 - Número de Hh, quantidade de serviço e indicadores de produtividade .....	47
Quadro 6 - RUP diária, cumulativa e potencial para alvenaria convencional .....	47
Quadro 7 - RUP diária, cumulativa e potencial para alvenaria racionalizada .....	49
Quadro 8 - Redução no número de Hh pelo fator aprendizagem .....	50
Quadro 9 – Produtividade esperada para o pedreiro.....	52
Quadro 10 - Comparativo das RUPs .....	53
Quadro 11 - Custo final do bloco cerâmico convencional para um apartamento.....	53
Quadro 12 - Custo final do bloco cerâmico racionalizado para um apartamento.....	54
Quadro 13 - Indicador parcial de perda de materiais para alvenaria convencional .....	55
Quadro 14 - Indicador parcial de perda de materiais para alvenaria racionalizada.....	56
Quadro 15 - Consumo de argamassa para alvenaria convencional .....	57
Quadro 16 - Consumo de argamassa para alvenaria racionalizada .....	58
Quadro 17 - CUM e IPM para alvenaria convencional .....	59
Quadro 18 - CUM e IPM para alvenaria racionalizada .....	59
Quadro 19 – Extrapolação do custo para todos os andares considerando ambas as alvenarias.....	63

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	10
1.1 JUSTIFICATIVA .....	10
1.2 OBJETIVOS.....	11
1.2.1 Objetivo Geral .....	11
1.2.2 Objetivos Específicos .....	11
1.3 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	11
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO .....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 ALVENARIA DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL .....	13
2.1.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS.....	13
2.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS.....	15
2.2 ALVENARIA DE VEDAÇÃO RACIONALIZADA .....	16
2.2.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS .....	16
2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS.....	17
2.2.3 COORDENAÇÃO MODULAR .....	18
2.3 PRODUTIVIDADE .....	19
2.3.1 CONCEITO E CARACTERÍSTICAS .....	19
2.3.2 LEVANTAMENTO DA PRODUTIVIDADE.....	21
2.3.3 HORAS DE TRABALHO CONSIDERADAS .....	22
2.3.4 QUANTIDADE DE SERVIÇO CONSIDERADA.....	23
2.3.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE DA ALVENARIA .....	24
2.4 CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS.....	27
2.4.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS .....	27
2.4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PERDAS.....	28
2.4.3 LEVANTAMENTO DAS PERDAS .....	29
3. MÉTODO DE PESQUISA .....	30
3.1 FASES DA PESQUISA .....	30
3.1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	31
3.1.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE PRODUTIVIDADE, CUSTO E CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS.....	32
3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO .....	36
3.2.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA .....	36
3.2.2 DESCRIÇÃO DA OBRA.....	36

3.2.3	DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS .....	38
4.	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS.....	46
4.1	PRODUTIVIDADE .....	46
4.1.2	COMPARAÇÃO COM ÍNDICES DE BIBLIOGRAFIA.....	52
4.2	CONSUMO DE MATERIAIS .....	53
4.2.1	CONSUMO DOS BLOCOS CERÂMICOS .....	53
4.2.2	CONSUMO DE ARGAMASSA.....	57
4.3	QUALIDADE FINAL.....	60
4.4	COMPARATIVO FINAL .....	62
5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	65
5.1	CONCLUSÃO.....	65
5.2	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	65
6.	BIBLIOGRAFIA .....	67
	ANEXO A – Ficha de inspeção do apartamento 204 (alvenaria racionalizada) .....	71
	ANEXO B – Ficha de inspeção do apartamento 205 (alvenaria convencional) .....	72
	ANEXO C – Projeto de modulação da alvenaria racionalizada (planta baixa da 1ª e 2ª fiada e vista frontal da parede 07) .....	73

# 1. INTRODUÇÃO

O sistema de alvenaria convencional é incontestavelmente um dos processos construtivos mais utilizados para vedação e divisão das edificações. Contudo, ainda nos dias de hoje é um método que gera profundo desperdício, retrabalho, desordem, além da qualidade final do produto muitas vezes não ser satisfatória devido à falta de qualificação da mão-de-obra e a falta de qualidade do material utilizado.

Como uma alternativa a esse sistema, a alvenaria racionalizada tem a premissa de apresentar um sistema mais organizado, limpo e mais eficiente em termos de produtividade da mão-de-obra e redução dos custos com desperdício. O processo requer um projeto de modulação que contemple os detalhamentos executivos e que compatibilize as instalações através da alvenaria. Apesar dos pontos positivos a alvenaria racionalizada requer maior controle na sua execução e para atingir a qualidade final desejada é essencial que sejam adotadas determinadas práticas.

Com inúmeros fatores a serem considerados na hora de determinar o sistema empregado, é imprescindível a elaboração de um estudo comparativo detalhado a fim de optar com convicção pelo melhor sistema.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Com o atual cenário econômico não favorável e o constante crescimento da competitividade no setor da construção civil, construtoras e incorporadoras têm a árdua tarefa de minimizar os custos e aumentar a qualidade concomitantemente. Diante deste desafio é imprescindível uma análise metódica para definir quais os processos construtivos possuem maior capacidade de agregar valor ao produto final.

A alvenaria racionalizada surge como uma alternativa promissora à alvenaria de vedação convencional e segundo Franco (1998) o sistema propicia a redução de desperdícios, diminuição do uso de materiais e mão-de-obra, resultando assim na contenção de custos e aumento da produtividade. Apesar de todos os aspectos positivos deste sistema, por tratar-se de uma metodologia relativamente recente, a

alvenaria racionalizada ainda provoca incertezas perante o setor da construção civil. Como muitas inovações, o sistema ainda requer estudos aprofundados com relação a sua utilização. Por este motivo, o processo convencional ainda é nos dias de hoje amplamente o mais utilizado.

Este estudo tem como finalidade a coleta de dados em obra visando à elaboração de um quadro comparativo detalhado sobre os sistemas de alvenaria convencional e racionalizado. Através da análise minuciosa dos dados, o trabalho visa fornecer suporte para empresas que tenham o interesse em adotar o sistema racionalizado em seus empreendimentos.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo geral gerar subsídios para a escolha da forma de execução da vedação vertical, se convencional ou racionalizada levando-se em conta a produtividade da mão-de-obra o consumo de materiais e a qualidade do produto final.

### 1.2.2 Objetivos Específicos

- Analisar o consumo de materiais (blocos cerâmicos e argamassa) incluindo o desperdício gerado em cada um dos processos;
- Mensurar a produtividade da mão-de-obra através da determinação da razão unitária de produção (RUP) em cada um dos processos;
- Comparar aspectos técnicos do produto final como nivelamento e alinhamento das fiadas, planeza e prumo da alvenaria e aspecto visual;
- Levantar o custo final do produto considerando os dados coletados.

## 1.3 LIMITAÇÕES E DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O estudo delimita-se à análise na execução de dois apartamentos modelos de uma obra na cidade de Florianópolis/SC, sendo cada um executado de uma

forma: um com alvenaria convencional e outro com alvenaria racionalizada. Não sendo possível, portanto avaliar o efeito aprendizagem obtido pela repetitividade nos pavimentos. A coleta de dados limitou-se a marcação e elevação da alvenaria desconsiderando a etapa de fixação e também as etapas consequentes como instalações e revestimento.

Apesar de inferir, a partir dos resultados de pesquisas anteriores, como Roman *et al* (2004), que a alvenaria racionalizada proporciona um revestimento de argamassa de menor espessura não foi possível efetuar este levantamento, pois o mesmo ainda não tinha sido realizado na época da conclusão do presente TCC.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será constituído por cinco capítulos. O primeiro deles contém o tema, os objetivos e a justificativa para este estudo, assim como a estrutura do mesmo. No segundo capítulo será apresentada a revisão bibliográfica que dará sustentação ao estudo de caso e que contém definições relevantes dos sistemas de alvenaria comum e racionalizada, desperdício e produtividade em obra. O terceiro capítulo refere-se aos métodos utilizados para o levantamento de dados em obra. No quarto capítulo serão anunciados os resultados obtidos através do levantamento de dados na obra. No capítulo cinco serão feitas as considerações finais.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 ALVENARIA DE VEDAÇÃO CONVENCIONAL

#### 2.1.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

A alvenaria de vedação convencional apresenta como funcionalidade primordial a vedação da estrutura e a divisão dos ambientes, não apresentando função estrutural para a edificação, a não ser é claro resistir ao próprio peso e ações horizontais como o vento por exemplo (SILVA, *et al.* 2006).

Segundo Sabbatini (2001 *apud* RODRIGUES, 2013) o processo convencional apresenta inúmeras vantagens que impulsionaram sua utilização e contribuíram para que se tornasse o sistema de vedação mais utilizado no país como por exemplo:

- Baixo custo comparado a outros sistemas de vedação;
- Boa produtividade durante a produção;
- Execução relativamente simples;
- Adequado desempenho térmico e acústico;
- Boa resistência ao fogo;
- Boa estanqueidade após revestimento com argamassa;
- Elevada durabilidade.

Visto os principais pontos positivos é importante também salientar que assim como outros métodos construtivos, a alvenaria de vedação convencional também possui desvantagens em sua utilização, entre as quais se faz importante ressaltar segundo Silva *et al.* (2006) :

- O material apresenta muitas vezes qualidade contestável gerando desperdício desde seu transporte até sua execução;
- Exige elevado controle de qualidade para que durante sua execução não ocorram problemas de prumo e planeza por exemplo;

- As soluções construtivas utilizadas em obra usualmente são improvisadas;
- Para execução das instalações se faz necessário o seccionamento da alvenaria o que resulta em uma maior quantidade de entulho produzido além do aumento do consumo de argamassa para posterior preenchimento dos vazios.

A associação dos aspectos descritos muitas vezes compromete a qualidade final do produto como pode ser visto no exemplo na Figura1:

Figura 1 – Alvenaria convencional com qualidade insatisfatória



Fonte: Silva *et al* (2006)

## 2.1.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS

Tomazetti *et al* (2005) descreve as etapas na execução da alvenaria convencional:

- Marcação da alvenaria através da locação e assentamento da primeira fiada. A espessura da primeira junta de argamassa normalmente apresenta espessura maior que 1cm para corrigir o nível da primeira fiada. A cada bloco assentado deve-se realizar a conferência de prumo, nível e alinhamento;
- Elevação das demais fiadas da alvenaria. Inicia-se pelos cantos das paredes com a utilização do escantilhão onde é marcada a altura das fiadas. A amarração entre a alvenaria e os pilares é feita através da fixação de telas metálicas a cada três fiadas. O assentamento da parte central da fiada deve ser realizado com a utilização de uma linha-guia para o correto alinhamento. Nesta etapa são também executas vergas e contra-vergas que podem ser realizadas com blocos canaletas ou então pré-moldadas. A cada fiada deve-se conferir prumo, planeza e alinhamento.
- Fixação da parede com a estrutura (encunhamento). Pode ser realizado de diferentes formas, entre as mais usuais destacam-se o encunhamento com tijolos convencionais assentados inclinados e o preenchimento com argamassa expansiva. Para realização do encunhamento é importante que toda a estrutura esteja concluída a fim de se evitar possíveis cargas não previstas.
- Execução das instalações embutidas na parede. É realizado o seccionamento da alvenaria para passagem das tubulações. Na fase de revestimento são preenchidos os vazios com a utilização de argamassa.

## 2.2 ALVENARIA DE VEDAÇÃO RACIONALIZADA

### 2.2.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

A racionalização no setor da construção civil tem como principal finalidade aprimorar a utilização de recursos em todas as etapas, melhorar a eficiência e reduzir custos. A criação da alvenaria racionalizada segue estes preceitos e tem como propósito apresentar um maior planejamento durante a elaboração e compatibilização dos projetos (SABBATINI, 1998).

Segundo Franco (1998) a execução da alvenaria vertical está diretamente interligada com os demais subsistemas que compõem a edificação, desta forma não havendo planejamento adequado provavelmente haverá desperdício, retrabalho e interferência entre os serviços.

Avaliando as características da alvenaria racionalizada em comparação ao sistema convencional, Silva *et al* (2006) destaca entre os fatores positivos:

- Qualidade superior dos blocos utilizados reduzindo quebras durante transporte e execução;
- Furos na vertical possibilitando a passagem de instalações sem seccionamento da alvenaria;
- Maior organização e limpeza do canteiro como resultado dos itens anteriores;
- Qualidade final superior do produto nos aspectos técnicos como prumo e planeza como pode ser visto na Figura 2:

Figura 2 - Alvenaria racionalizada com boa execução



Fonte: Autor

Entretanto o sistema requer maior atenção nos seguintes aspectos:

- O método exige um projeto de modulação dos blocos levando em consideração a compatibilização com os demais subsistemas;
- O treinamento e a qualificação da mão-de-obra são essenciais para que a execução da alvenaria siga corretamente o projeto de modulação;
- O despreparo da mão-de-obra pode interferir de forma direta na produtividade inicialmente (a longo prazo a tendência é o operário adaptar-se ao novo sistema);
- O custo direto dos blocos é maior comparado aos tijolos convencionais.

## 2.2.2 CARACTERIZAÇÃO DOS SERVIÇOS

A execução da alvenaria racionalizada segue basicamente as mesmas etapas construtivas que o sistema convencional, porém apresenta um diferencial imprescindível que é execução a partir de um projeto de modulação.

Segundo Franco (1998) o desenvolvimento do projeto de produção é indispensável para a racionalização construtiva e apresenta os seguintes objetivos:

- Dar suporte ao controle da produção da execução da alvenaria;
- Tornar a inter-relação entre planejamento, projeto e produção mais eficiente;
- Minuciar a execução da alvenaria, detalhando aspectos técnicos como materiais e técnicas construtivas;
- Servir como guia para o planejamento da execução da alvenaria e dos demais subsistemas com os quais está relacionado;
- Desempenhar papel na coordenação de projeto.

Para que o projeto possa realmente atingir todos os objetivos apresentados é importante que contemple alguns aspectos essenciais como, por exemplo, plantas baixas da primeira e segunda fiada, elevação das paredes com detalhamento das instalações, descrição das juntas entre os blocos e ligação alvenaria-estrutura, especificação das amarrações entre fiadas e detalhamento da execução de vergas e contra-vergas (BARROS, 1998).

### 2.2.3 COORDENAÇÃO MODULAR

Uma etapa muito importante durante a concepção da alvenaria racionalizada consiste na coordenação modular, que é o ajuste de todas as dimensões da obra, tanto horizontais como verticais, como múltiplo das dimensões dos blocos a serem utilizados. Essa técnica tem como principal finalidade evitar cortes e desperdícios desnecessários durante a execução da alvenaria. Quando a coordenação da alvenaria não é realizada a capacidade de racionalização durante a execução diminui consideravelmente (BARROS, 1998).

Segundo Barboza (2008) a coordenação modular apresenta como principais aspectos positivos o aumento da produtividade durante a execução, diminuição dos custos relacionados ao desperdício, controle da produção, redução da diversidade de blocos, maior precisão na execução e principalmente melhoria significativa na qualidade final do produto.

A racionalização na construção, incluindo a compatibilização construtiva e a coordenação modular, deve-se iniciar ainda na fase de concepção e produção do projeto, sendo assim essencial esta etapa para redução dos custos, aumento da produtividade e melhora na qualidade final do produto (SILVA, 2002).

Ainda é importante destacar de acordo com Ramos (2001) que ao comparar duas modulações distintas (30 cm e 40 cm) a modulação que apresentou melhor produtividade (30 cm) era justamente aquela que apresentou as melhores soluções de projeto possibilitando maior velocidade na execução do oficial e evidenciando assim a importância da correta modulação dos blocos.

## 2.3 PRODUTIVIDADE

Com o objetivo de manter a competitividade no mercado atual é de substancial importância que as empresas no ramo da construção civil procurem por maneiras de evoluir. Essa tendência segundo Sabbatini (1998), obrigou que todas as empresas invistam e isso contribuiu diretamente para modernização do setor.

Para cumprir as metas definidas previamente a análise de produtividade se apresenta como ferramenta fundamental no processo. Segundo Souza (2006) esta análise representa um conjunto valioso de informações para auxiliar gestores de obras no procedimento de tomada de decisões.

### 2.3.1 CONCEITO E CARACTERÍSTICAS

Para melhor entendimento do significado real de produtividade, é conveniente a análise de conceitos adotados por diferentes autores. Desta forma a produtividade segundo Souza (1998), pode ser definida como a eficiência em converter entradas em saídas que desempenhem os objetivos previstos para o processo. A Figura 3 ilustra a transformação de entradas em saídas no processo de produção de obras:

Figura 3 - Processo de transformação de entradas em saídas



Fonte: Souza (2006)

À esquerda pode-se observar as entradas representadas pelos recursos físicos (mão-de-obra, materiais e equipamentos) necessários à produção do edifício (obras e suas partes). Nas extremidades observa-se do lado das entradas o esforço da sociedade a fim de gerar recursos enquanto do lado das saídas percebe-se o benefício resultante do produto final.

Ao analisar-se a produtividade especificamente para a produção da alvenaria as entradas seriam as quantidades de homens-hora dispendidos, enquanto as saídas seriam representadas pela quantidade em m<sup>2</sup> de alvenaria executada.

A produtividade pode ser interpretada ainda como a quantidade de trabalho executado em uma unidade de tempo, e é simplesmente definido como a relação entre os resultados obtidos e os recursos utilizados. Os termos produtividade e produção podem facilmente ser interpretados como sinônimos, mas apesar de estarem intimamente conectados é importante ressaltar que muitas vezes um aumento de produção gera consequentemente um aumento de custos, enquanto um aumento de produtividade geralmente está relacionado à melhor utilização de recursos disponíveis como espaço físico, insumos, recursos humanos e ferramentas (AZEVEDO, 2012).

Segundo Simão (2009) a produtividade pode ainda ser definida como um aumento da produção utilizando-se a mesma quantidade de recursos disponíveis, ou de forma análoga, uma redução na utilização de recursos para se obter a mesma produção. Com esta definição simples e objetiva o autor além de elucidar o termo é capaz de evidenciar a diferença entre produção e produtividade.

### 2.3.2 LEVANTAMENTO DA PRODUTIVIDADE

A definição de produtividade a ser utilizada no presente trabalho segue a designação proposta por Souza (2006), a qual afirma que para mensurar a produtividade deve-se utilizar o indicador denominado razão unitária de produção (RUP) que relaciona o esforço humano, expresso em Homens x hora (Hh), com a quantidade de serviço executado (Qs) como pode ser visto na Equação 1:

$$RUP = Hh/Qs \quad (1)$$

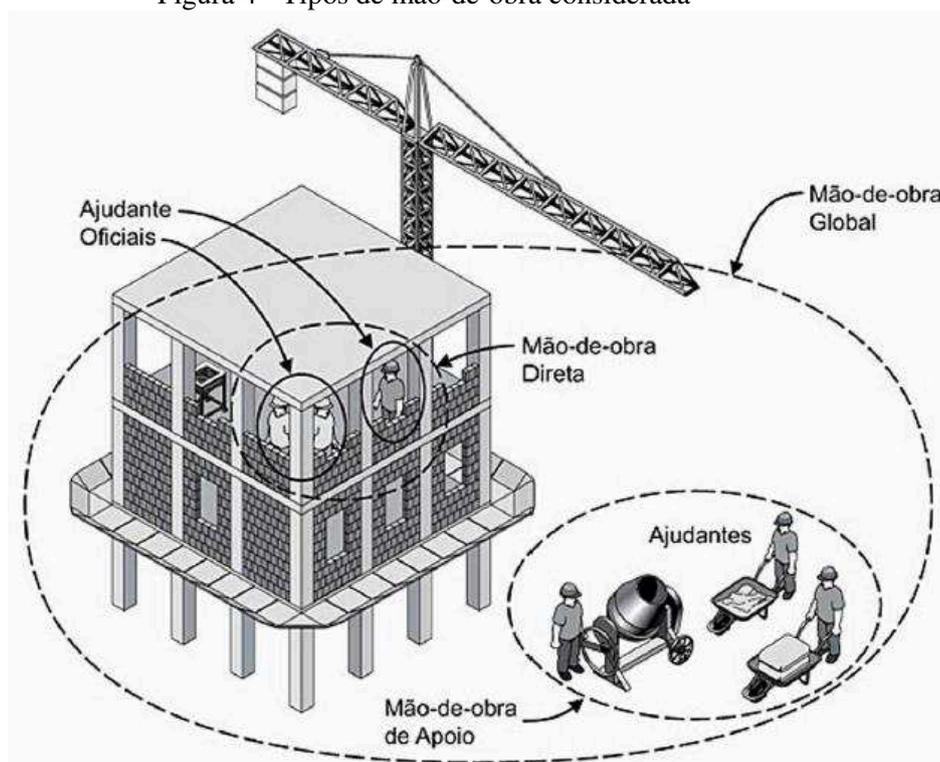
É importante destacar que para este conceito, uma RUP com elevado valor indica produtividade pior do que comparada a uma RUP com valor baixo.

Com relação ao número de Homens x hora é relevante a definição da mão-de-obra contemplada. De acordo com esse preceito pode-se considerar:

- RUP<sub>of</sub>: quando considerado apenas a mão-de-obra dos oficiais que estão diretamente envolvidos;
- RUP<sub>dir</sub>: quando considerado, além dos oficiais, a mão-de-obra dos ajudantes diretos;
- RUP<sub>glob</sub>: quando considerado, além dos oficiais e dos ajudantes diretos, a mão-de-obra de apoio;

A Figura 4 ilustra os diferentes tipos de mão-de-obra contemplada:

Figura 4 - Tipos de mão-de-obra considerada



Fonte: Souza(2006)

Há ainda diferentes formas de medição da RUP levando em consideração o período de tempo analisado como sugere Souza (1998):

- RUP diária: quantificada a partir do número de Hh e Qs relativos ao dia de trabalho em questão;
- RUP cumulativa: quantificada a partir do número de Hh e Qs relativos ao período que se estende do primeiro ao último dia analisados;
- RUP potencial: quantificada a partir da mediana dos valores da RUP diária menores ou iguais à RUP cumulativa;

A RUP potencial apresenta na verdade um indicador de bom desempenho possível de ser atingido já que leva em consideração os valores medidos em obra.

### 2.3.3 HORAS DE TRABALHO CONSIDERADAS

Para a estimativa do tempo de trabalho Souza (2006) sugere que seja considerado todo o tempo em que o trabalhador estiver disponível para realizar sua

função dentro do canteiro de obras, não devendo assim ser descontado o tempo de paralização por fatores externos. No caso da execução da alvenaria, não se deve, por exemplo, descontar o tempo em que o trabalhador espera quando há falta de material como argamassa ou então blocos cerâmicos.

#### 2.3.4 QUANTIDADE DE SERVIÇO CONSIDERADA

É recomendável que para medir a quantidade de serviço realizado seja utilizada a quantidade líquida de serviço ao contrário das medições realizadas para pagamento de empreiteiros onde geralmente se considera a quantidade bruta. Desta forma para a análise de produtividade da alvenaria se considera a área de alvenaria realmente executada, descontando-se vãos de portas e janelas (SOUZA, 2006). A Figura 5 exemplifica a forma correta para levantamento da área de alvenaria executada:

Figura 5 - Área de alvenaria executada



Fonte: Souza (2006)

Neste exemplo pode-se perceber uma diferença bastante significativa entre a área bruta e a área líquida considerada de 16,37%.

### 2.3.5 FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE DA ALVENARIA

Segundo Thomas e Smith (1990, *apud* ARAÚJO e SOUZA, 2000) há dois grandes grupos de fatores responsáveis por influenciar diretamente a produtividade da mão-de-obra. O primeiro deles se refere ao conteúdo do trabalho e abrange aspectos como componentes físicos, especificações requeridas e detalhes de projeto. Já o segundo grupo aborda o ambiente de trabalho e compreende fatores como disponibilidade de materiais e ferramentas, condições atmosféricas e sequência de trabalhos.

Para o presente trabalho se faz relevante destacar inicialmente a participação do efeito aprendizagem como fator de influência na produtividade. Este fenômeno ficou conhecido durante a 2ª Guerra Mundial, onde Wright atestou que a cada vez em que se dobrava a produção de aviões, o tempo médio para execução de cada nova unidade diminuía 20% em relação ao tempo médio para produção do lote anterior. Na construção civil o fenômeno foi observado pela primeira na Europa pós-guerra durante a construção de conjuntos habitacionais (HEINECK, 1991).

A formulação original de Wright é dada pela Equação 2:

$$Tx = \frac{T1}{x^k} \quad (2)$$

Onde T1 é o tempo para a execução da primeira unidade, x é o número de ordem da repetição e k é um fator dependente do nível de aprendizagem possível para a produção, no caso de alvenarias esse valor tende a variar entre 0,152 e 0,074. Segundo Heineck (1991) mesmo para uma intensidade de aprendizagem reduzida ocorre um aumento significativo da produtividade conforme demonstra o Quadro 1 admitindo-se 100 horas como o tempo gasto para a primeira repetição:

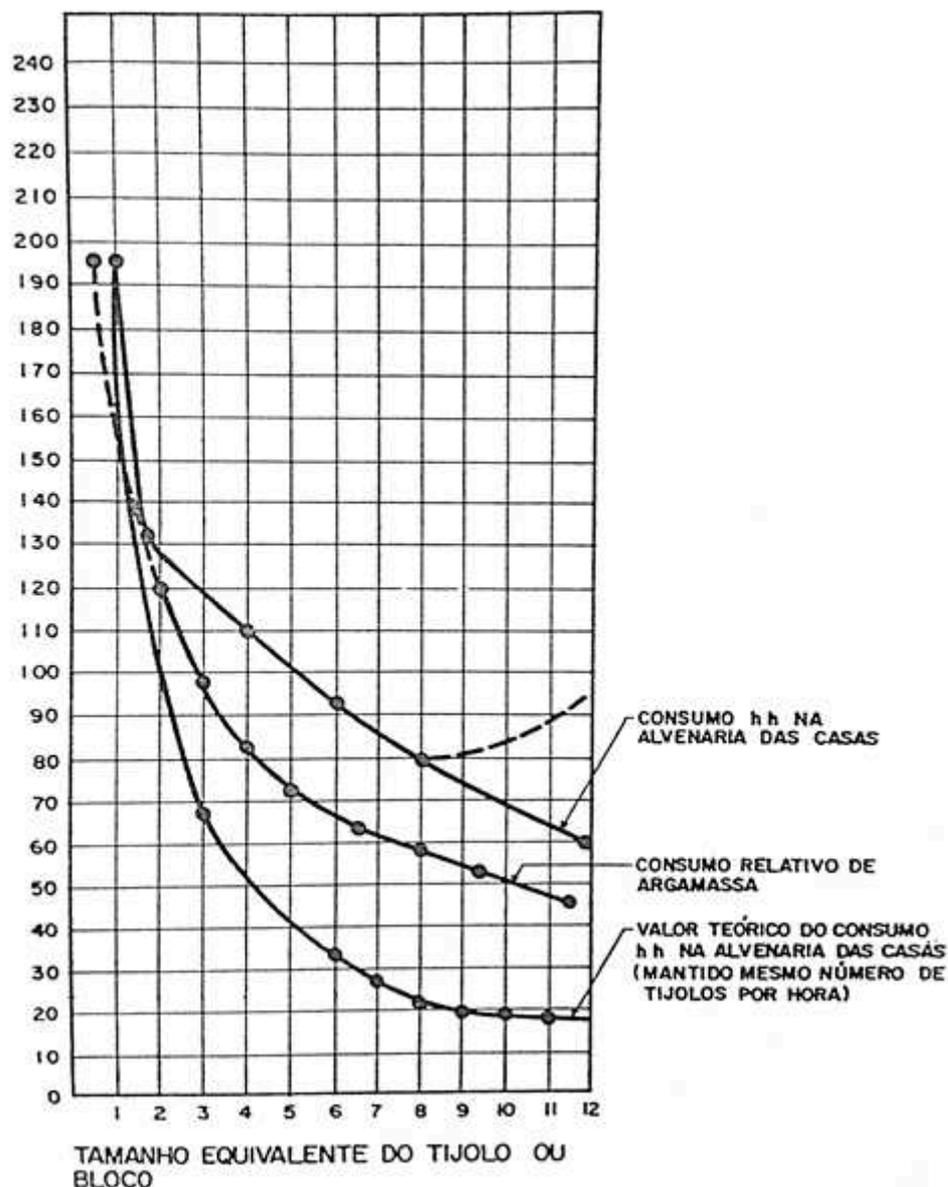
Quadro 1 - Redução no tempo de produção pelo efeito aprendizagem

	1°	2°	4°	6°	8°	10°	50°	200°
Lei 90% k=0,152	100	90	81	76	73	71	55	45
Lei 95% k=0,074	100	95	90	87	86	84	75	67

Fonte: Heineck (1991)

Além do efeito aprendizagem outro fator que influencia diretamente a produtividade e merece ser destacado é o tamanho dos tijolos. Segundo Heineck (1991) a diminuição do tamanho dos blocos cerâmicos gera desperdício de recursos humanos e materiais. Para exemplificar, o autor utiliza um gráfico que relaciona o consumo de mão de obra (Hh) com o tamanho equivalente dos tijolos para a produção de duas casas cada uma com aproximadamente 80 m<sup>2</sup>. O tamanho equivalente 1 representa um tijolo 20x10x5 cm com área de face 20x5 cm equivalente a 0,01 m<sup>2</sup>. Já o tijolo 2 possui área de face de 27x7,5 cm equivalente a 0,02 m<sup>2</sup> com os mesmos 10 cm de espessura. O tamanho equivalente 12 por sua vez apresenta área de face de 48x24 cm equivalente a 0,12m<sup>2</sup> mantendo a mesma espessura. Os resultados podem ser vistos de acordo com a Figura 6:

Figura 6 - Horas em alvenaria para duas casas



Fonte: Heineck (1991)

A redução no consumo de mão-de-obra fica evidente conforme o aumento do tamanho equivalente dos blocos. Ao substituir o tamanho equivalente 1 pelo 2, observa-se um ganho de mais de 30% com uma redução aproximada de 70 h. O pontilhado observado a partir do bloco 8 (40x20 cm) representa um aumento no consumo de mão-de-obra resultante da necessidade do pedreiro em utilizar as duas mãos para manuseio do bloco. Outro fator que contribuiu para este aumento são as deformidades de esquadro e planeza das peças de maiores dimensões, exigindo assim maior cuidado durante o assentamento. O consumo de argamassa acompanha praticamente a mesma redução do consumo de mão-de-obra, considerando-se para execução uma junta de 1 cm.

Além dos aspectos já mencionados, a TCPO (2010) lista outros fatores associados à execução da alvenaria de tijolo cerâmico, que interferem diretamente na produtividade do pedreiro (Hh/m<sup>2</sup>). Os principais aspectos considerados são:

- Preenchimento de juntas verticais;
- Densidade da alvenaria;
- Altura das paredes;
- Prazo para execução de um pavimento;
- Espessura das paredes;
- Rotatividade da mão-de-obra;
- Pagamento dos operários;
- Disponibilidade de material;
- Disponibilidade do transporte vertical.

## 2.4 CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS

Com o crescente aumento da competitividade no setor da construção civil é fundamental que as empresas aproveitem da melhor forma possível os recursos disponíveis através do emprego de novas medidas de qualidade, produtividade e estratégias de gerenciamento (SANTOS *et al* 1996). Estas medidas são imprescindíveis para empresas que visam uma redução significativa de gastos sem comprometer a qualidade final do produto o que é frequentemente observado. A diminuição do desperdício ainda é uma alternativa que requer relativamente pouco investimento comparado à introdução de uma nova tecnologia por exemplo.

### 2.4.1 CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS

A fim de compreender com melhor exatidão o contexto do desperdício na construção civil se faz importante a análise de conceitos sugeridos por diferentes autores. Para Santos *et al* (1996) qualquer processo que utilize recursos humanos, recursos materiais ou equipamentos em quantidades superiores às necessárias à produção deve ser considerado desperdício. Desta forma, a perda abrange qualquer um dos recursos citados anteriormente que resultam em custos sem agregar valor.

Segundo Jungles *et al* (1999) qualquer falta de aproveitamento do potencial da construção visando custos menores ou toda falta de eficiência na utilização de recursos materiais, humanos e equipamentos pode ser entendida como perda. Em outras palavras, qualquer serviço desnecessário que gera gastos sem agregar qualquer tipo de valor ao produto final.

Para Mutti *et al* (1999) a perda de material físico está relacionada a um custo. Essas perdas são resultado de quando o material é utilizado para outro propósito ao qual foi projetado ou então quando é utilizado em quantidades superiores às necessárias para a execução do projeto. Desta forma as perdas podem ser aparentes ou estarem ocultas quando estes materiais ficam integrados à construção.

Para Souza (2005) a perda de determinado material pode ser definida simplesmente como a quantidade deste material utilizada além da quantidade teoricamente necessária contida nos projetos e memoriais. O autor ainda destaca a carência de números de referência para o tema, ao mesmo tempo em que sugere a elaboração de números médios e mínimos do setor, metas da empresa e indicadores de orçamento a fim de estipular metas e obter índices de perdas que sejam considerados aceitáveis.

## 2.4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS PERDAS

Santos *et al* (1996) classifica as perdas de acordo com seu controle ou sua natureza. Com relação ao controle elas podem ser subdivididas em;

- Perdas inevitáveis ou naturais: São as perdas as quais o investimento para sua redução é superior à economia gerada. Sendo assim é considerada como uma perda aceitável;
- Perdas evitáveis; São as perdas as quais o investimento para sua redução é inferior ao benefício gerado. Desta forma estas perdas exigem melhorias no processo de qualidade para redução dos custos.

De acordo com a sua natureza as perdas classificam-se da seguinte maneira:

- Perdas por superprodução: São aquelas que ocorrem quando a produção é maior do que a demanda;
- Perdas por substituição: Estão relacionadas com a utilização de materiais superiores aos especificados inicialmente;
- Perdas por espera: São referentes à falta de sincronização entre a demanda da mão-de-obra e o fornecimento de insumos para a produção;
- Perdas por transporte: São as perdas relativas ao manuseio ineficiente dos produtos;
- Perdas no processamento: Ocorre pela ineficiência durante os processos produtivos como falta de qualificação da mão-de-obra ou falta de procedimentos padronizados.

### 2.4.3 LEVANTAMENTO DAS PERDAS

Para levantamento das perdas Souza (2005) utiliza dois grandes grupos de indicadores. O primeiro deles são os indicadores mensuradores que tem como objetivo primário quantificar as perdas incluindo o tipo de recurso perdido, unidade de medida e em qual etapa ocorreu. O segundo grupo discute os indicadores explicadores e tem como função argumentar as razões para as perdas incluindo sua natureza, forma de incidência, causa, origem e caracterização tecnológica.

Os indicadores mensuradores são ainda subdivididos em indicadores globais e parciais. Os parciais podem considerar o recebimento, estocagem, processamento intermediário e processamento final. O global por sua vez, avalia as perdas com relação a todo o processo de utilização dos materiais em obra, considerando assim todos os indicadores parciais. No presente trabalho serão tratados apenas indicadores parciais os quais serão discutidos mais profundamente no capítulo seguinte.

Já os indicadores explicadores são subdivididos em: natureza (furto, entulho e incorporação), quantitativos (estimar formas de manifestação), indutores (causa/origem das perdas) e caracterizadores (informações sobre aspectos tecnológicos).

### **3. MÉTODO DE PESQUISA**

O presente trabalho optou pelo estudo de caso como estratégia de pesquisa para seu desenvolvimento. Segundo Yin (2015) o estudo de caso pode ser definido como uma investigação prática de um evento atual dentro de seu contexto da vida real, principalmente quando os limites entre evento e contexto não estão totalmente definidos.

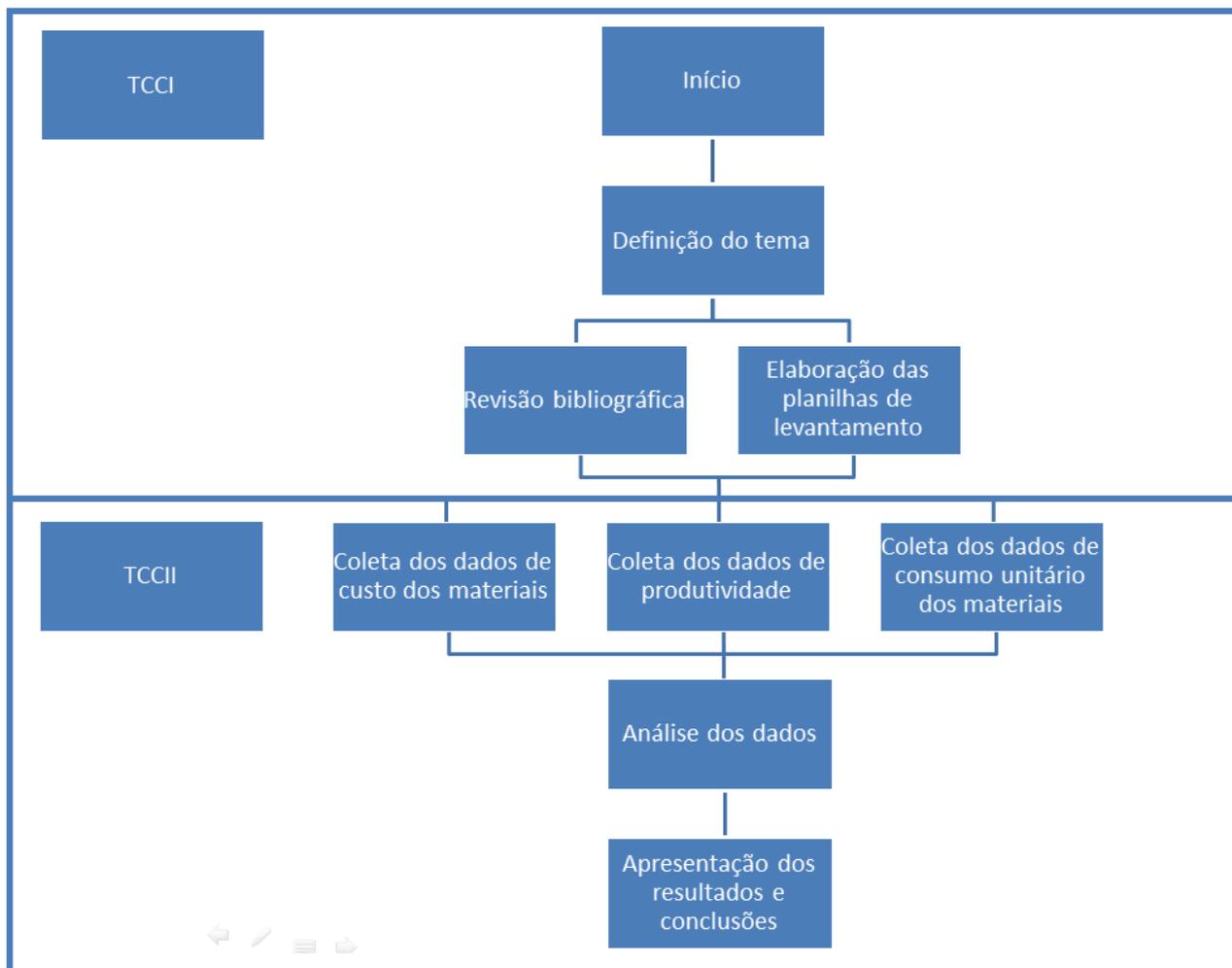
O que objetivou a escolha do método de pesquisa foram três aspectos principais que são o tipo de questão proposto, o controle o qual o pesquisador tem sobre os eventos e o foco em acontecimentos atuais ou históricos. Yin (2015) recomenda a utilização do estudo de caso como ferramenta de pesquisa quando as questões a serem respondidas envolvem perguntas do tipo “como” ou “por que” em uma série contemporânea de eventos os quais o autor tem pouco ou até mesmo nenhum controle sobre.

O estudo de caso apresenta as características necessárias para atingir o objetivo principal do presente trabalho que é fornecer subsídios para a escolha do sistema de vedação vertical. A divisão das fases da pesquisa e a descrição do estudo de caso estão detalhadas a seguir.

#### **3.1 FASES DA PESQUISA**

A fim de que os objetivos propostos no presente trabalho pudessem ser atingidos foram percorridas as etapas constantes na figura Figura 7:

Figura 7 - Fases da pesquisa



Fonte: Autor

No primeiro semestre durante a disciplina de TCCI houve a definição do tema, para logo em seguida início da revisão bibliográfica juntamente com a elaboração das planilhas de medição. Durante o segundo semestre na disciplina TCCII os dados foram coletados em obra, em seguida analisados para que então os resultados pudessem ser apresentados.

### 3.1.1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Após a definição do tema, a revisão bibliográfica foi realizada baseando-se em teses de mestrado e doutorado, dissertações, trabalhos de conclusão de curso e artigos relacionados à alvenaria convencional e racionalizada, produtividade e desperdício na construção civil. Com base nesta pesquisa foi possível construir a fundamentação teórica necessária para a execução do presente trabalho.

### 3.1.2 LEVANTAMENTO DOS DADOS DE PRODUTIVIDADE, CUSTO E CONSUMO UNITÁRIO DE MATERIAIS

Para levantamento dos dados de produtividade foram utilizadas as tabelas sugeridas por Souza (2006) com algumas adaptações. Para levantamento das entradas diárias (Hxh) utilizou-se a seguinte planilha como mostra o Quadro 2:

Quadro 2 - Levantamento de Hxh

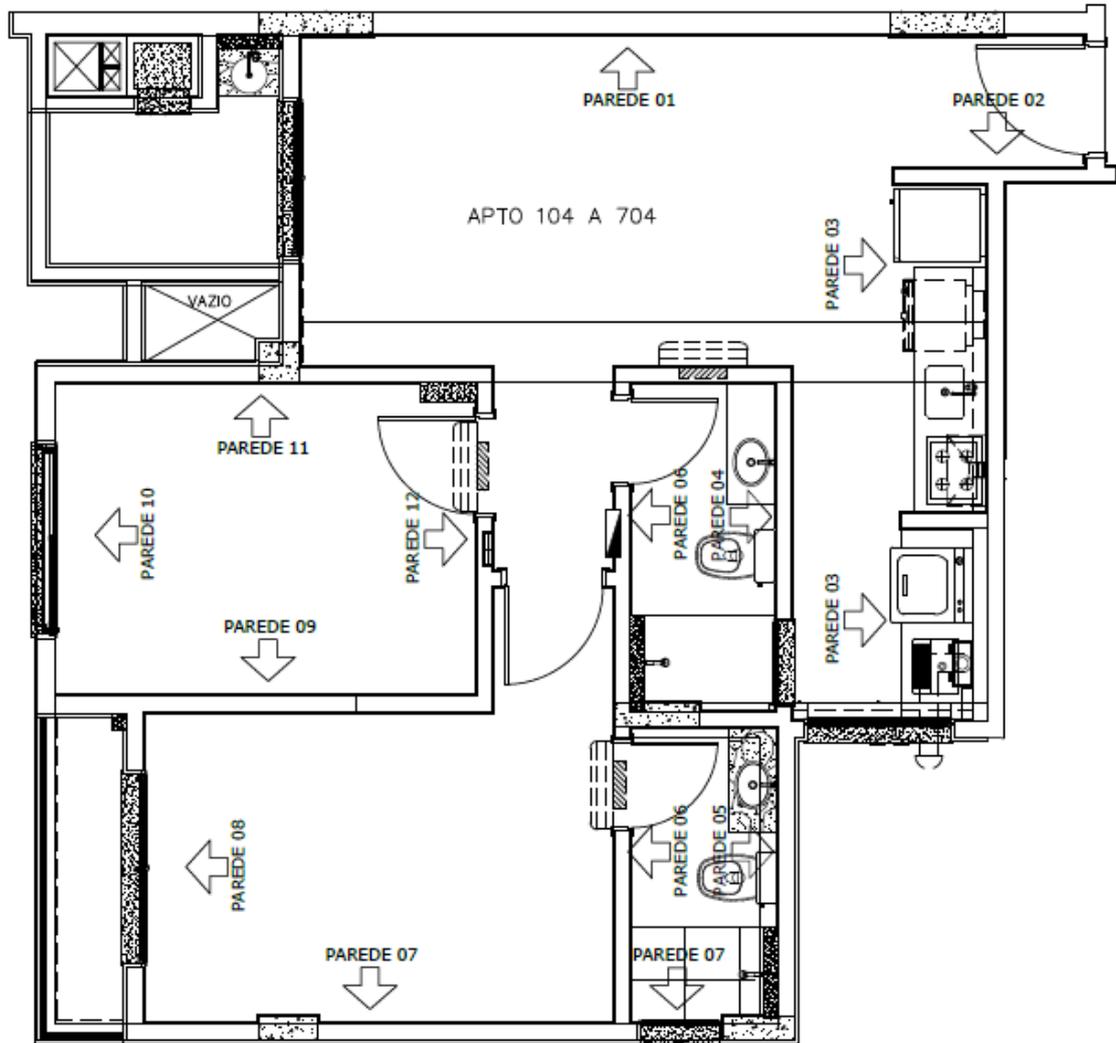
Dia	Nome	Cargo	Horário		Hxh (descontando 1:15h de intervalo)	Alvenaria	Atividade
			Entrada	Saída			

Fonte: Autor

Todo dia eram registrados quais eram os funcionários responsáveis pela execução, suas respectivas funções, horários de entrada e saída, qual alvenaria estava sendo executada e por último a atividade desempenhada (marcação ou elevação).

Com relação ao levantamento do serviço de alvenaria, para auxiliar a medição utilizou-se a planta reduzida dos apartamentos onde eram marcados tipos e quantidades de serviços realizados diariamente como mostra a Figura 8:

Figura 8 - Planta baixa para medição dos serviços



Fonte: Autor

Após a coleta de dados utilizando a planta baixa, os valores de quantidade de serviços eram transferidos para a seguinte planilha como demonstra o Quadro 3:

Quadro 3 – Levantamento da quantidade de serviço (elevação)

Dia	Comprimento (m)	Altura (m)	Área (m <sup>2</sup> )

Fonte: Autor

Optou-se por medir a área de alvenaria já descontando vãos de portas e janelas, obtendo-se assim diretamente a área líquida.

Segundo Souza (2006) para levantamento da marcação é mais conveniente a utilização de metro linear ao invés de m<sup>2</sup>, dessa forma os dados referentes à marcação foram transferidos para a seguinte planilha como mostra o Quadro 4:

Quadro 4 - Levantamento da quantidade de serviço (marcação)

Dia	Comprimento (m)

Fonte: Autor

Para levantamento dos custos relacionados à aquisição dos blocos cerâmicos, foram analisadas as notas fiscais entregues em obra. Estas notas além de informar o custo dos blocos, apresentavam a relação completa das quantidades entregues em obra para a execução dos serviços. Ao final do período de estudo, para estimativa do custo final, a quantidade de blocos considerada foi igual à quantidade de blocos recebidos menos a quantidade de blocos restantes não utilizados no pavimento.

Para a análise das perdas em obra optou-se pelo levantamento de um indicador mensurador com a finalidade exclusiva de quantificar as perdas, não examinando neste trabalho as causas e origens das mesmas. Optou-se ainda pelo levantamento de um indicador parcial de perda física de materiais com os blocos já no local da execução, visto que o objetivo era determinar principalmente o desperdício dos blocos relacionados à sua aplicação. Desta forma desconsiderou-se o desperdício do material desde o momento do recebimento até o transporte para o pavimento.

Para levantamento do indicador utilizou-se a Equação 3 proposta por Souza (2005):

$$IPM(\%) = \left( \frac{QMR - QMT}{QMT} \right) \times 100 \quad (3)$$

Onde:

IPM (%) = Indicador de perda física de material,

QMR = Quantidade de material realmente necessária,

QMT = Quantidade de material teoricamente necessária.

No caso da alvenaria convencional a QMT foi levantada a partir de uma estimativa do consumo de blocos por m<sup>2</sup> de alvenaria considerando-se a área da face do bloco mais 1 cm de junta vertical e horizontal. Para a alvenaria racionalizada a QMT foi determinada a partir do projeto de modulação. A QMR foi determinada da mesma forma para ambos os casos, a partir do número de blocos inicialmente estocados no pavimento subtraído do número de blocos restantes no final do período de estudo.

Durante o período de estudos, foi solicitado que todo entulho proveniente da execução dos apartamentos fosse acumulado em duas pilhas separadas (uma para entulhos da alvenaria convencional e a outra para entulhos da alvenaria racionalizada) a fim de quantificar o volume final de entulho para cada caso utilizando caixas com 0,2 m<sup>3</sup> como mostra a Figura 9:

Figura 9 - Entulho resultante da execução da alvenaria convencional



Fonte: Autor

No final do período de estudo o entulho foi recolhido e as caixas foram contadas pelo operador do elevador cremalheira que ficou responsável pelo

transporte do local da execução até a garagem onde o material foi depositado em uma área a ser aterrada.

Com relação ao consumo de argamassa, o volume foi medido de acordo com a quantidade de caixas que foram abastecidas em obra. Cada caixa apresentava volume de 0,2 m<sup>3</sup>.

## 3.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO DE CASO

### 3.2.1 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

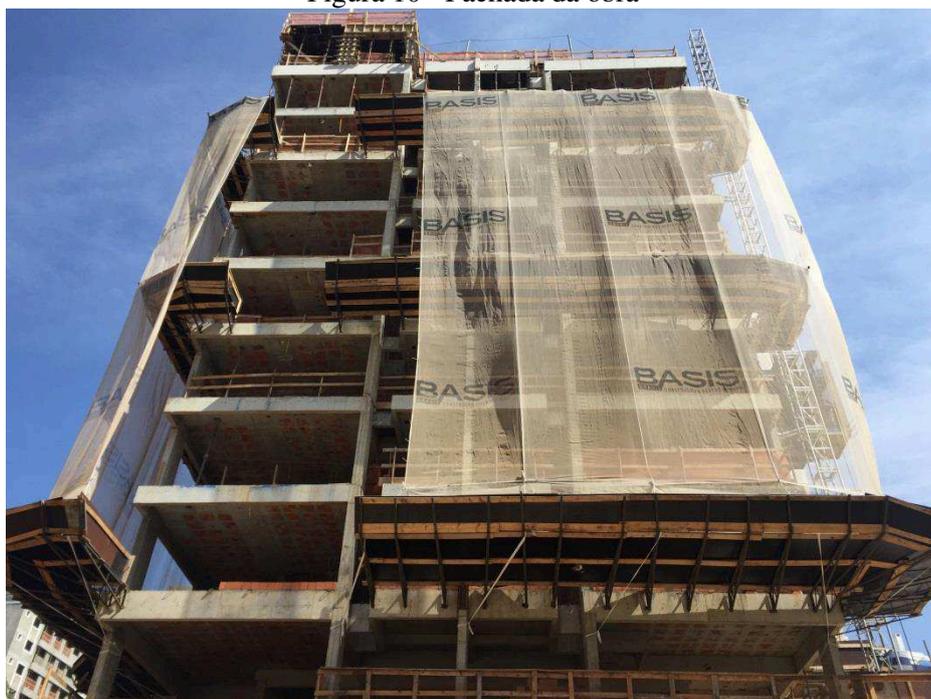
Com o intuito de manter em sigilo as informações da empresa em questão, convencionou-se denominá-la de Empresa A.

A empresa fundada em 2007 é especializada em construção e gestão de empreendimentos comerciais e residenciais de alto padrão, possuindo mais de 290.000 m<sup>2</sup> construídos em parcerias com grandes incorporadoras e além da atuação em Florianópolis, administra obras no Rio Grande do Sul e São Paulo. Toda a mão-de-obra utilizada pela empresa em obra é terceirizada. A Empresa A tem como missão principal superar as expectativas dos clientes através da qualidade dos serviços de engenharia, planejamento e execução de obras.

### 3.2.2 DESCRIÇÃO DA OBRA

A obra localizada no bairro do Itacorubi em Florianópolis é um residencial de alto padrão e possui catorze pavimentos divididos em garagem, térreo, pilotis, oito pavimentos tipo, ático e cobertura além da casa de máquinas e reservatório. A Figura 10 ilustra a fachada da obra:

Figura 10 - Fachada da obra



Fonte: Autor

Os apartamentos utilizados como referência para elaboração do presente trabalho foram o 204 e 205, simétricos entre si e com 53,5 m<sup>2</sup> de área útil. Tais apartamentos estavam tendo a sua alvenaria elevada em fase anterior aos demais pavimentos, pois iriam servir de apartamento modelo do empreendimento. Cada um estava servindo também de objeto de estudo pela própria empresa para ver o método construtivo a ser utilizado nos demais andares, se alvenaria convencional ou racionalizada.

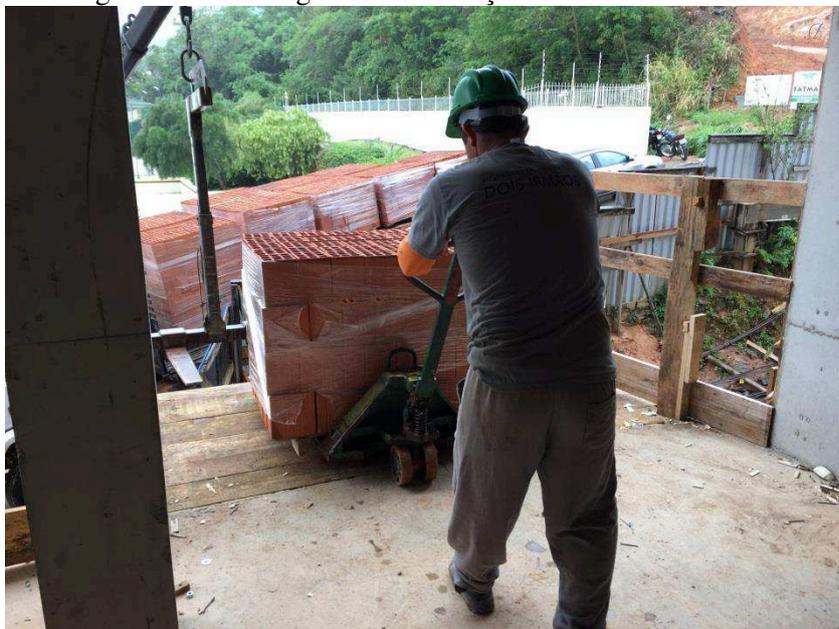
A mão-de-obra utilizada na execução do empreendimento era subempreitada e para a execução dos dois apartamentos modelos foram disponibilizados um pedreiro, um ajudante direto, um servente responsável pelo transporte de material até o local da execução além de outro pedreiro funcionário da Cerâmica Constrular que esteve presente auxiliando na execução da alvenaria racionalizada nos dois primeiros dias. É importante ressaltar ainda que ambos os apartamentos foram executados pela mesma mão-de-obra.

### 3.2.3 DESCRIÇÃO DOS SERVIÇOS

Os blocos cerâmicos convencionais foram produzidos e entregues em obra pela Cerâmica Felisbino com fábrica localizada na cidade de Jaguaruna/SC. Já os blocos cerâmicos para alvenaria racionalizada foram produzidos e entregues em obra pela Cerâmica Constrular com sede na cidade de Pouso Redondo/SC.

A descarga dos paletes com os blocos cerâmicos seguiu o mesmo procedimento para ambos os blocos e foi realizada com a utilização de caminhão munck içando o material do pavimento da garagem até a plataforma projetada na laje do térreo como mostra a Figura 11:

Figura 11 – Descarga e movimentação dos blocos cerâmicos



Fonte: Autor

A partir da plataforma os paletes eram transportados com paleteira até o elevador cremalheira para serem então descarregados no andar Tipo 02 (local da execução dos dois apartamentos modelo).

Para assentamento dos blocos em ambas as alvenarias foi utilizada argamassa estabilizada pronta para uso, produzida e entregue em obra pelo Grupo Andreetta. A descarga era realizada em frente ao canteiro de obras diretamente do caminhão betoneira para o carrinho porta masseira com capacidade para 0,2 m<sup>3</sup> de argamassa como mostra a Figura 12:

Figura 12 - Recebimento da argamassa estabilizada



Fonte: Autor

Após a descarga os carrinhos de mão eram levados até o elevador cremalheira para o transporte vertical até o pavimento de utilização.

A primeira etapa na execução dos serviços foi a preparação da base utilizando-se água e escova de aço na superfície de concreto. Em seguida foi aplicado o chapisco convencional com argamassa de cimento e areia grossa, produzida em obra com traço 1:3 conforme tabela de traços da construtora. Com a utilização de colher de pedreiro a argamassa era lançada contra a estrutura tornando a superfície rugosa e garantindo assim a aderência. O resultado desta aplicação pode ser visto na Figura 13:

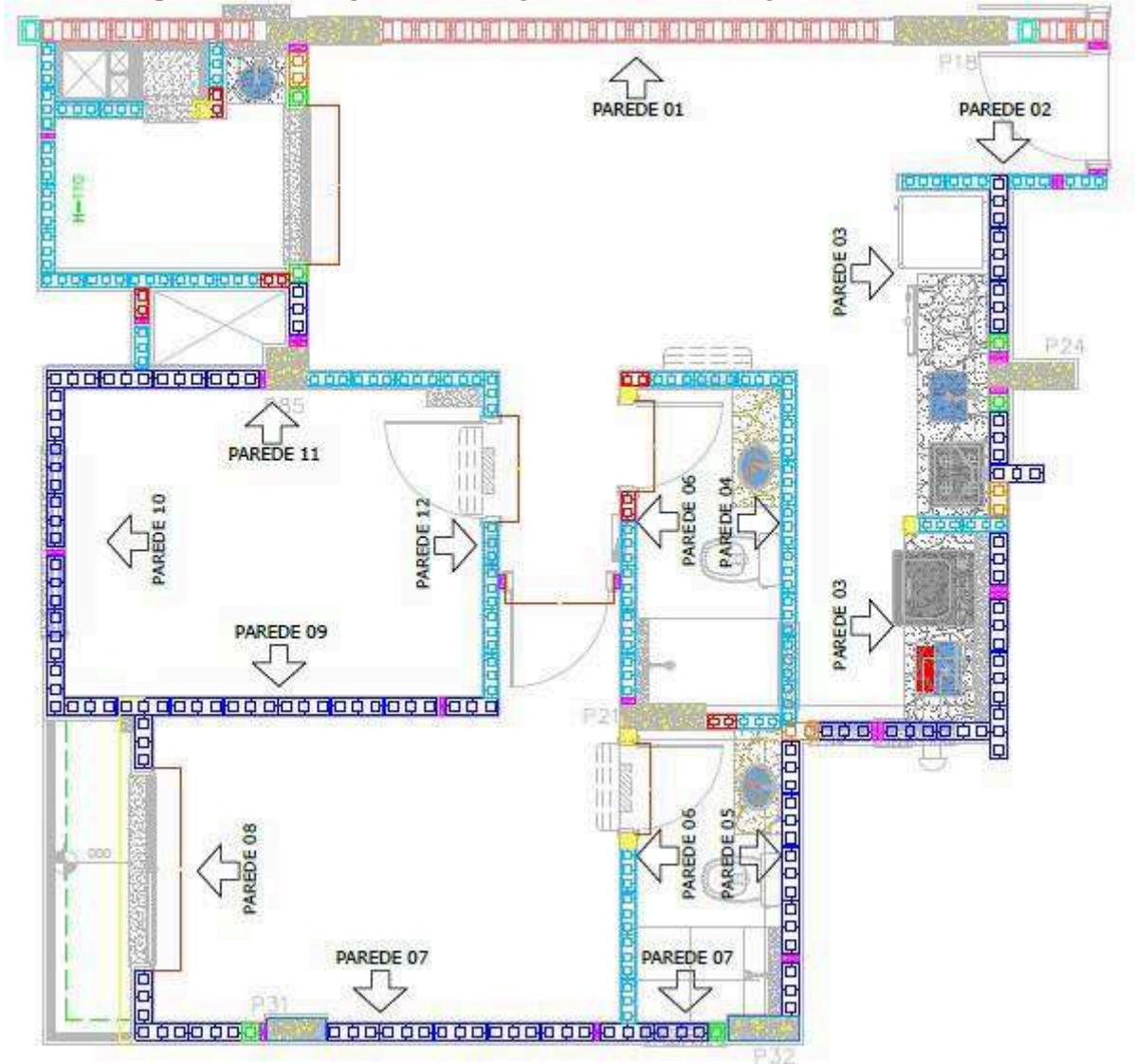
Figura 13 - Estrutura de concreto após aplicação do chapisco



Fonte: Autor

Na etapa seguinte foi realizada a marcação do alinhamento com a utilização de linha de nylon para posterior assentamento da primeira fiada. A marcação da primeira fiada dos blocos convencionais foi realizada de acordo com o projeto arquitetônico da obra o qual apresentava todas as cotas e as larguras de cada parede especificando assim a largura dos blocos (19, 14 e 11,5). No caso da alvenaria racionalizada esta etapa seguiu as especificações contidas no projeto de modulação próprio para o sistema. A Figura 14 apresenta a planta baixa com a modulação dos blocos para marcação da primeira fiada:

Figura 14 - Modulação dos blocos para assentamento da primeira fiada



Fonte: Autor

A Figura 15 ilustra o apartamento 205 após finalização da marcação da primeira fiada com alvenaria convencional:

Figura 15 - Marcação da primeira fiada na alvenaria convencional



Fonte: Autor

Com a marcação da primeira fiada concluída, a etapa seguinte foi a elevação da alvenaria. Iniciou-se o assentamento dos blocos pelos cantos com a utilização de escantilhão de madeira para controle da altura das fiadas como mostrado a Figura 16:

Figura 16 - Elevação da alvenaria com a utilização do escantilhão



Fonte: Autor

A cada fiada eram conferidos prumo, nível e alinhamento antes de iniciar a fiada seguinte. As juntas horizontais eram executadas com a utilização de desempenadeira de madeira e possuíam 10 mm de espessura. Nos encontros entre alvenaria e estrutura foi realizada, a cada três fiadas, a fixação lateral com tela soldada galvanizada fixada na estrutura com a utilização de pistola finca pino como ilustra a Figura 17:

Figura 17 – Amarração entre alvenaria e estrutura



Fonte: Autor

No caso da alvenaria convencional as vergas foram moldadas previamente em obra em dias de concretagem para então serem posicionadas posteriormente sobre as esquadrias. Já as contra vergas foram executadas diretamente na alvenaria com a utilização de formas travadas com a utilização de barras de aço como mostra a Figura 18:

Figura 18 - Execução da contra verga na alvenaria convencional



Fonte: Autor

As vergas e contra vergas na alvenaria racionalizada foram todas moldadas diretamente na alvenaria com a utilização dos blocos canaletas. A Figura 19 apresenta a utilização desses blocos antes da moldagem:

Figura 19 - Utilização de blocos canaletas para confecção de contra verga



Fonte: Autor

Para o presente trabalho não se considerou a etapa de fixação superior da alvenaria pelo fato de ambos os métodos apresentarem a mesma técnica para execução desta etapa, não havendo assim fundamento em compará-las.

## 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo serão apresentados os dados de produtividade da mão-de-obra, consumo de materiais e qualidade do produto final levantados em obra e sua análise.

### 4.1 PRODUTIVIDADE

Para análise da produtividade optou-se pelo levantamento das razões unitárias de produção diária, cumulativa e potencial. Ainda, considerou-se a mão-de-obra de duas formas distintas, como oficial (admitindo-se apenas a quantidade de horas empregadas na execução do serviço dos oficiais) e direta (admitindo-se a quantidade de horas empregadas na execução do serviço dos ajudantes diretos). Como a argamassa utilizada para produção da alvenaria em ambos os casos era argamassa estabilizada entregue pronta para consumo em obra, optou-se por não calcular a RUP global que considera também os ajudantes indiretos (produção de argamassa).

No caso da designação dos serviços seguindo a recomendação de Souza (2006) optou-se pela divisão em marcação da alvenaria (medido em metro linear) e elevação da alvenaria (medido em m<sup>2</sup>). Como já mencionado anteriormente não foi considerado a etapa de fixação da alvenaria com o propósito de priorizar a medição dos serviços que apresentam diferenças quanto à execução dos serviços.

Após o preenchimento das planilhas mostradas nos quadros 2, 3 e 4 com os dados coletados em obra, foi possível a elaboração do Quadro 5 que contém o número de Homens x hora para execução dos serviços, a quantidade total de serviços assim como os indicadores determinados a partir destes dados:

Quadro 5 - Número de Hh, quantidade de serviço e indicadores de produtividade

	Convencional	Racionalizada
Hh total	108,35	146,26
Hh direta marcação	17,50	23,75
Hh direta elevação	90,85	122,51
Hh oficial marcação	8,75	15,50
Hh oficial elevação	46,51	61,19
Qs (marcação - m)	44,91	49,05
Qs (elevação - m <sup>2</sup> )	95,50	111,89
RUP direta marcação	0,390	0,484
RUP oficial marcação	0,195	0,316
RUP direta elevação	0,951	1,095
RUP oficial elevação	0,487	0,547

Fonte: Autor

Devido a importância do indicador de produtividade oficial para a elevação optou-se por analisá-lo individualmente desenvolvendo para isso a RUP diária, cumulativa e potencial. O resultado obtido para a alvenaria convencional pode ser visualizado conforme o Quadro 6:

Quadro 6 - RUP diária, cumulativa e potencial para alvenaria convencional

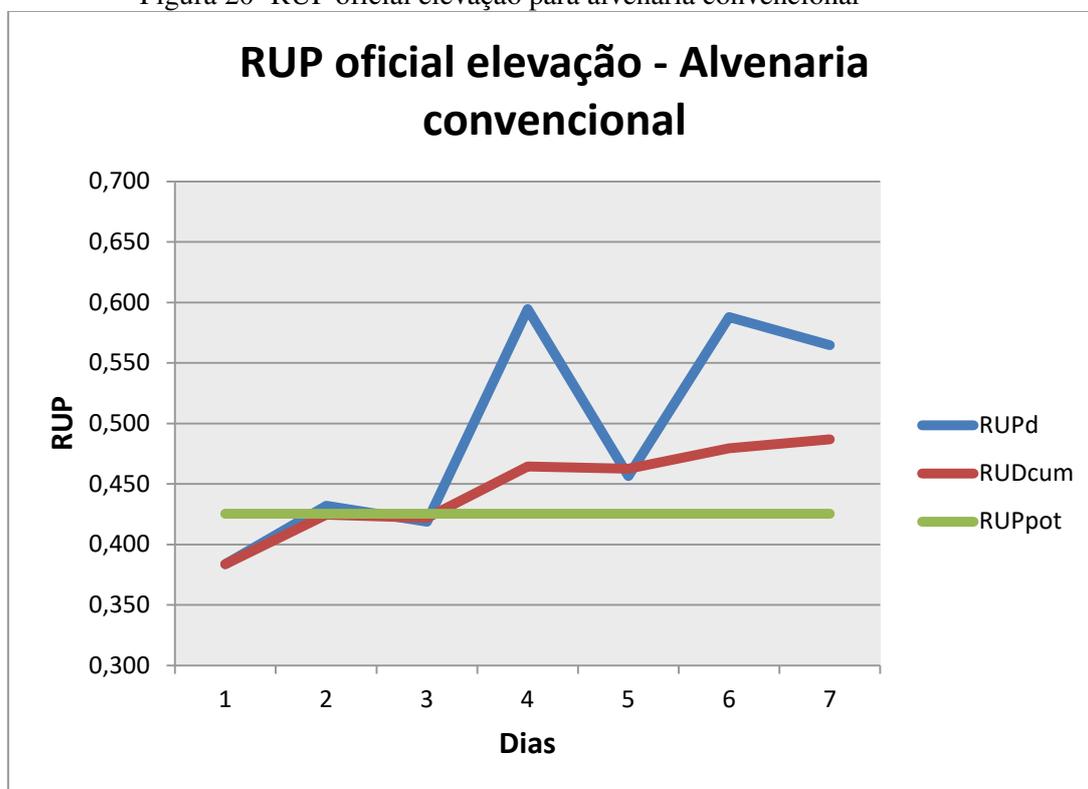
Convencional								
Dia	Hh diário	Hh cumulativo	Quantidade de serviço diária	Quantidade de serviço cumulativa (m <sup>2</sup> )	RUPd (Hh/m <sup>2</sup> )	RUPcum (Hh/m <sup>2</sup> )	RUPd ≤ RUPcum	RUPpot (Hh/m <sup>2</sup> )
18/jul	1,40	1,40	3,65	3,65	0,384	0,384	0,384	0,425
19/jul	8,59	9,99	19,87	23,52	0,432	0,425	0,432	0,425
20/jul	8,59	18,57	20,50	44,02	0,419	0,422	0,419	0,425
21/jul	8,59	27,16	14,44	58,46	0,595	0,465		0,425
22/jul	7,75	34,91	16,98	75,44	0,456	0,463	0,456	0,425
25/jul	6,85	41,76	11,65	87,09	0,588	0,479		0,425
26/jul	4,75	46,51	8,41	95,50	0,565	0,487		0,425

Fonte: Autor

Para o cálculo da RUP potencial calculou-se a mediana dos valores da RUP diária que estavam abaixo da RUP cumulativa. Desta forma o indicador apresenta um valor de RUP diária associado à boa produtividade em obra e simultaneamente representa um valor possível de ser atingido visto que foi calculado com base nos dados da própria obra.

Para melhor visualização e compreensão dos dados optou-se pela abordagem gráfica conforme ilustra a Figura 20:

Figura 20- RUP oficial elevação para alvenaria convencional



Fonte: Autor

É possível constatar graficamente que a RUP cumulativa (linha vermelha) atenua as oscilações de produtividade vistas em obra geralmente decorrentes de fatores externos. Ao mesmo tempo, graficamente é possível localizar os dias em que RUP diária (linha azul) esteve mais distante da RUP potencial (linha verde) e assim apurar possíveis causas para a baixa produtividade em dias específicos. No dia 4, por exemplo, houve um atraso de cerca de 2 horas na entrega da argamassa estabilizada o que possivelmente justifica uma pior produtividade. Já nos dias 5 e 6 (segunda-feira e terça-feira respectivamente) o pedreiro alegou estar resfriado, mas optou por trabalhar mesmo assim, o que pode estar diretamente relacionado com a baixa produtividade dos dias em questão.

Apesar dos poucos dias de coleta é possível observar na RUPcum uma tendência ao aumento da RUP, ou seja uma piora na produtividade.

Já os dados relativos à RUP oficial para elevação da alvenaria racionalizada podem ser visualizados conforme mostra o Quadro 7:

Quadro 7 - RUP diária, cumulativa e potencial para alvenaria racionalizada

Racionalizada								
Dia	Hh diário	Hh cumulativo	Quantidade de serviço diária	Quantidade de serviço cumulativa (m <sup>2</sup> )	RUPd (Hh/m <sup>2</sup> )	RUPcum (Hh/m <sup>2</sup> )	RUPd ≤ RUPcum	RUPpot (Hh/m <sup>2</sup> )
12/jul	14,25	14,25	18,49	18,49	0,771	0,771		0,511
13/jul	8,85	23,10	16,91	35,40	0,523	0,653	0,523	0,511
14/jul	8,00	31,10	14,47	49,87	0,553	0,624		0,511
15/jul	4,00	35,10	6,80	56,67	0,588	0,619		0,511
25/jul	2,00	37,10	5,29	61,96	0,378	0,599	0,378	0,511
26/jul	3,84	40,94	7,30	69,26	0,525	0,591	0,525	0,511
27/jul	6,75	47,69	17,69	86,95	0,382	0,548	0,382	0,511
28/jul	7,75	55,44	15,17	102,12	0,511	0,543	0,511	0,511
03/ago	5,75	61,19	9,77	111,89	0,589	0,547		0,511

Fonte: Autor

Novamente utilizando-se da abordagem gráfica, os resultados podem ser vistos conforme ilustra a Figura 21:

Figura 21 - RUP oficial elevação para alvenaria racionalizada



Fonte: Autor

Neste caso é possível visualizar nitidamente a declividade da RUP cumulativa (linha vermelha) provavelmente associada ao efeito aprendizagem, que se torna mais acentuado no caso da execução de uma nova técnica, confirmando

assim as pesquisas anteriores. O pedreiro responsável pela execução da alvenaria racionalizada já havia trabalhado em outras duas obras com este tipo de alvenaria, mas admitiu não estar totalmente familiarizado com sua execução. Uma das consequências era a necessidade de visualizar constantemente o projeto de modulação da alvenaria, demandando conseqüentemente mais tempo para sua execução. No entanto, supõe-se que, devido a repetição do serviço nos demais andares, seria necessária cada vez menos a consulta ao projeto, já que o operário estaria mais familiarizado com a distribuição dos blocos.

A fim de fazer um prognóstico de produtividade para os próximos andares que levasse em conta a influência do efeito aprendizagem na execução da alvenaria, optou-se pela elaboração de uma previsão do efeito aprendizagem baseada na equação proposta por Wright. Como Heineck (1991) sugere o valor do fator  $k$  varia de 0,074 a 0,152 nas alvenarias de acordo com o nível de aprendizagem possível para a produção. Por tratar-se de uma técnica nova a alvenaria racionalizada apresenta maior potencial para aprendizagem e por essa razão considerou-se  $k=0,152$ . Já a alvenaria convencional por representar uma técnica usualmente já executada diversas vezes apresenta menor potencial para aprendizagem e assim considerou-se  $k=0,074$ .

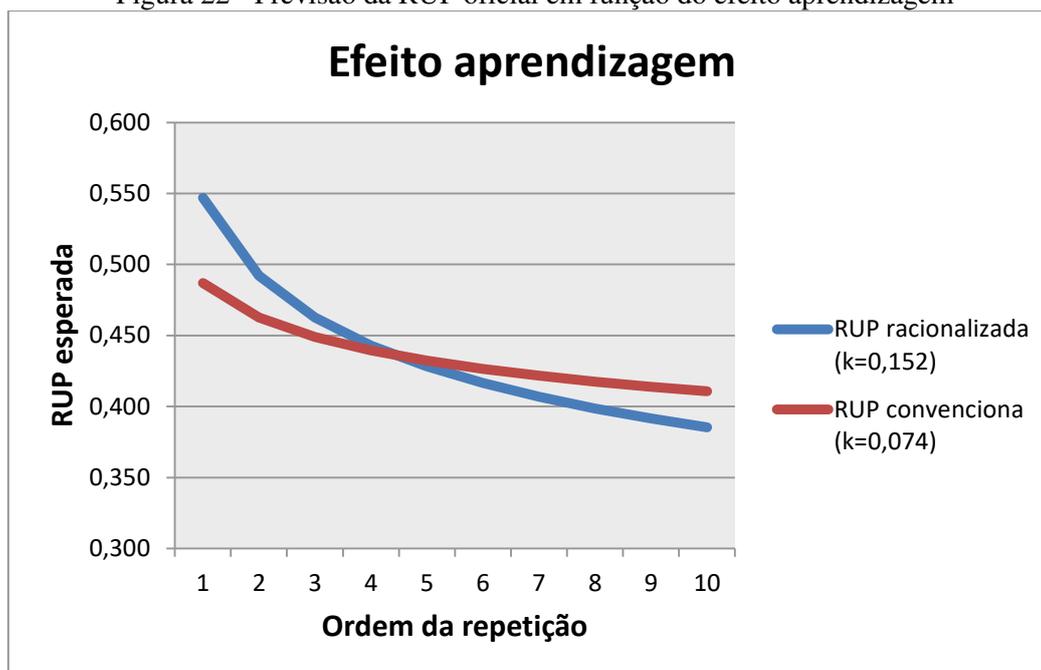
O resultado na redução do número de Hh em função do número de repetições e a RUP oficial resultante são mostrados respectivamente no Quadro 8 e Figura 22:

Quadro 8 - Redução no número de Hh pelo fator aprendizagem

Repetição		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Racionalizada ( $k=0,152$ )	Hh	61,19	55,07	51,78	49,56	47,91	46,60	45,52	44,61	43,82	43,12
	RUP oficial	0,547	0,492	0,463	0,443	0,428	0,416	0,407	0,399	0,392	0,385
Convencional ( $k=0,074$ )	Hh	46,51	44,18	42,88	41,98	41,29	40,73	40,27	39,88	39,53	39,22
	RUP oficial	0,487	0,463	0,449	0,440	0,432	0,427	0,422	0,418	0,414	0,411

Fonte: Autor

Figura 22 - Previsão da RUP oficial em função do efeito aprendizagem



Fonte: Autor

Como se pode observar pela previsão do efeito aprendizagem, já na repetição número 4 as razões unitárias de produção seriam equivalentes e a partir das repetições seguintes a RUP da alvenaria racionalizada seria inferior, o que representaria uma melhor produtividade. Também é interessante observar que mesmo para valores reduzidos de k o aumento da produtividade é significativo.

#### 4.1.1 FATORES QUE INFLUENCIAM A PRODUTIVIDADE

Considerando os fatores de influência segundo a TCPO (2010) tem-se:

- Foi realizado o preenchimento de juntas verticais para ambos os métodos;
- A densidade da alvenaria é avaliada pela relação entre a área de projeção das paredes (perímetro das paredes multiplicado pela espessura das respectivas) e a área do pavimento tipo descontando áreas de sacada. Pela Equação 4 temos:

$$Densidade\ das\ paredes = \frac{A_{pav}}{A_{pvt}} \quad (4)$$

Para uma  $A_{pav} = 46 \text{ m}^2$  e  $A_{pavt} = 371 \text{ m}^2$  obtém-se uma Densidade das paredes = 12% dentro do intervalo adequado considerado por Lantelme (2001) entre 9% e 12%;

- Presença quase que exclusiva de paredes na altura usual;
- O prazo considerado para a execução de um pavimento era extenso (em torno de 15 dias);
- Paredes de espessura pequenas;
- Baixa rotatividade da mão de obra;
- Pagamento conforme acordado pela empreiteira;
- Material disponível;
- Indisponibilidade do transporte vertical em algumas ocasiões devido à falhas técnicas no equipamento e também à execução simultânea da estrutura e alvenaria.

Os fatores foram assinalados no Quadro 9 resultando assim na produtividade esperada segundo a TCPO (2010):

Quadro 9 – Produtividade esperada para o pedreiro

Mín = 0,51	Valor esperado = 0,56	Máx = 0,74
Produtividade do pedreiro (Hh/m <sup>2</sup> )		
Não preenchimento das juntas verticais	Preenchimento das juntas verticais	
Densidade da alvenaria média	Densidade da alvenaria alta ou baixa	
Presença quase que 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)	
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	Quebra ou indisponibilidade do equipamento de transporte vertical	

Fonte: TCPO (2010)

#### 4.1.2 COMPARAÇÃO COM ÍNDICES DE BIBLIOGRAFIA

Para o quadro comparativo foram utilizados dados de outros autores com obras com características semelhantes a obra do estudo de caso, como por exemplo, preenchimento das juntas verticais e mão-de-obra subempreitada. O comparativo pode ser visto no Quadro 10:

Quadro 10 - Comparativo das RUPs

	TCPO (2010)	Araújo (2000)				Souza (1998)		Obra do estudo de caso	
Código da obra	1	SP17	SP73	SP62	SP37	FAB	SH	Alvenaria convencional	Alvenaria racionalizada
RUP potencial direta		0,90	0,77	0,9	0,83	0,55	0,85	0,86	1,05
RUP cumulativa direta		1,12	0,99	1,45	1,11	1,09	1,02	0,97	1,12
RUP cumulativa oficial	0,560							0,487	0,547

Fonte: Autor

## 4.2 CONSUMO DE MATERIAIS

### 4.2.1 CONSUMO DOS BLOCOS CERÂMICOS

A quantidade total de blocos utilizados foi levantada através da diferença entre a quantidade total de blocos estocados no pavimento e a quantidade restante de blocos não utilizados no pavimento. Este levantamento foi possível principalmente pelo fato de não haver movimentação de blocos entre os pavimentos visto que os únicos 2 apartamentos que seriam executados estavam no mesmo andar e possuíam tipos de blocos diferentes. O custo final foi calculado com base no preço unitário informado nas notas fiscais. Os Quadros 11 e 12 a seguir ilustram os dados obtidos:

Quadro 11 - Custo final do bloco cerâmico convencional para um apartamento

Bloco cerâmico convencional					
Descrição do bloco	Quantidade total recebida (MIL)	Quantidade não utilizada (MIL)	Quantidade utilizada (MIL)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
Bloco 11,5x19x19	1,464	0,287	1,177	440	517,88
Bloco 14x19x19	1,854	0,183	1,671	535	893,98
			<b>Total</b>	<b>Total</b>	<b>1411,86</b>

Fonte: Autor

Quadro 12 - Custo final do bloco cerâmico racionalizado para um apartamento

Bloco cerâmico racionalizado					
Descrição do bloco	Quantidade total recebida (MIL)	Quantidade não utilizada (MIL)	Quantidade utilizada (MIL)	Valor unitário (R\$)	Valor total (R\$)
BLOCO ELETRICO HIDRAULICO HOR. 11,5X19X36,5 3MPA	0,06	0,06	0,01	2199,57	11,00
BLOCO ELETRICO HIDRAULICO HOR. 14X19X44 03MPA	0,06	0,04	0,02	2806,46	53,32
BLOCO 11,5X19X11,5 6MPA PRIMEIRA	0,08	0,00	0,08	704,92	59,21
BLOCO 11,5X19X24 6MPA PRIMEIRA	0,11	0,02	0,10	1117,36	108,38
BLOCO 11,5X19X36,5 6MPA PRIMEIRA	0,64	0,16	0,48	1717,57	817,56
BLOCO 14X19X14 03MPA PRIMEIRA	0,10	0,00	0,10	957,20	93,81
BLOCO 14X19X29 03MPA PRIMEIRA	0,06	0,00	0,06	1464,80	82,03
BLOCO 14X19X44 03MPA PRIMEIRA	0,73	0,26	0,47	2204,46	1038,30
BLOCO 19X19X14 03MPA PRIMEIRA	0,05	0,00	0,05	1252,73	56,37
BLOCO 19X19X29 03MPA PRIMEIRA	0,39	0,06	0,33	2002,71	662,90
BLOCO FRACIONAVEL 11,5X19X29 PRIMEIRA	0,10	0,00	0,10	2223,34	222,33
BLOCO FRACIONAVEL 14X19X29 PRIMEIRA	0,13	0,00	0,12	2914,91	355,62
BLOCO FRACIONAVEL 19X19X29 PRIMEIRA	0,06	0,00	0,06	3970,67	238,24
CANALETA BLOCO "U" 11,5X19X29 PRIMEIRA	0,04	0,00	0,03	1495,89	47,87
CANALETA BLOCO "U" 14X19X29 PRIMEIRA	0,06	0,00	0,06	1952,67	111,30
		<b>Total</b>	2,05	<b>Total</b>	3958,25

Fonte: Autor

É possível observar uma grande diferença com relação ao custo dos blocos utilizados, com o valor final do bloco cerâmico convencional apresentando

aproximadamente 36% do valor total do bloco para alvenaria racionalizada. Parte dessa diferença está relacionada ao fato da Cerâmica Constrular estar localizada a uma distância relativamente grande da obra (229km) e por isso cobrar um valor de frete do material superior (o valor do frete já está incluso no valor final de R\$3958,25). Caso não fosse cobrado frete do material o valor final seria de R\$3187,00. Vale ainda ressaltar que o preço final da unidade é uma composição entre o valor do produto, descarga e frete.

Vale também ressaltar aqui que alguns empreiteiros cobram um preço diferenciado para executar alvenaria racionalizada. Um dos fornecedores que na época enviou orçamento para execução da alvenaria informou que o preço/m<sup>2</sup> para execução da alvenaria convencional era de R\$23,00 enquanto o preço para execução da alvenaria racionalizada era de R\$18,50. Quando questionado o motivo da diferença o empreiteiro informou que a produtividade da sua equipe era muito maior quando trabalhavam com blocos de alvenaria racionalizada devido ao tamanho dos blocos. Considerando que a obra tenha aproximadamente 9000 m<sup>2</sup> a serem executados de alvenaria o preço final da mão-de-obra caso tivessem optado por esse fornecedor seria de R\$207.000 para alvenaria convencional e R\$166.500 para a alvenaria racionalizada, o que representa uma diferença de R\$40.500.

Os dados obtidos com o levantamento do indicador de perdas parciais através da Equação 3, resultaram nos Quadros 13 (alvenaria convencional) e 14 (alvenaria racionalizada):

Quadro 13 - Indicador parcial de perda de materiais para alvenaria convencional

Bloco cerâmico convencional			
Descrição do bloco	QMT (MIL)	QMR (MIL)	IPM (%)
Bloco Est. 11,5x19x19	1074	1177	9,64
Bloco Est. 14x19x19	1542	1671	8,35
IPM médio (%)			9,00

Fonte: Autor

Quadro 14 - Indicador parcial de perda de materiais para alvenaria racionalizada

Bloco cerâmico racionalizado			
Descrição do bloco	QMT (MIL)	QMR (MIL)	IPM (%)
BLOCO ELETRICO HIDRAULICO HORIZO 11,5X19X36,5 3MPA	0,005	0,005	0,00
BLOCO ELETRICO HIDRAULICO HORIZON 14X19X44 03MPA	0,018	0,019	5,56
BLOCO EST. 11,5X19X11,5 6MPA PRIMEIRA	0,082	0,084	2,44
BLOCO EST. 11,5X19X24 6MPA PRIMEIRA	0,095	0,097	2,11
BLOCO EST. 11,5X19X36,5 6MPA PRIMEIRA	0,467	0,476	1,93
BLOCO EST. 14X19X14 03MPA PRIMEIRA	0,095	0,098	3,16
BLOCO EST. 14X19X29 03MPA PRIMEIRA	0,053	0,056	5,66
BLOCO EST. 14X19X44 03MPA PRIMEIRA	0,458	0,471	2,84
BLOCO EST. 19X19X14 03MPA PRIMEIRA	0,045	0,045	0,00
BLOCO EST. 19X19X29 03MPA PRIMEIRA	0,323	0,331	2,48
BLOCO FRACIONAVEL 11,5X19X29 PRIMEIRA	0,096	0,100	4,17
BLOCO FRACIONAVEL 14X19X29 PRIMEIRA	0,12	0,122	1,67
BLOCO FRACIONAVEL 19X19X29 PRIMEIRA	0,057	0,060	5,26
CANALETA BLOCO "U" 11,5X19X29 PRIMEIRA	0,032	0,032	0,00
CANALETA BLOCO "U" 14X19X29 PRIMEIRA	0,057	0,057	0,00
		<b>IPM médio (%)</b>	<b>2,48</b>

Fonte: Autor

Como já mencionado anteriormente, QMT representa a quantidade de materiais teoricamente necessária, QMR a quantidade de materiais realmente utilizada e IPM é o indicador parcial de perda de materiais em porcentagem. Pode-se observar um índice de perda muito menor no caso da alvenaria racionalizada, o que

pode ser relacionado principalmente a dois fatores. O primeiro deles diz respeito à uma família de blocos no caso da alvenaria racionalizada muito maior, eliminando quase que totalmente a necessidade de quebra dos blocos para elevação da alvenaria. O segundo fator diz respeito à qualidade do bloco, que no caso da alvenaria racionalizada é muito maior, reduzindo dessa forma quebras acidentais durante o manuseio e aplicação dos blocos.

No final do período de estudos foi ainda realizado o levantamento do volume de entulho gerado para cada caso. Para a alvenaria convencional o volume total foi de 1 m<sup>3</sup> (5 caixas de material) enquanto que para a alvenaria racionalizada o volume foi de 0,6 m<sup>3</sup> (3 caixas de material). Apesar de a alvenaria racionalizada ter gerado um desperdício de certa forma significativo, a pilha de entulho era representada predominantemente por argamassa pelo fato dos blocos apresentarem melhor qualidade e a existência do projeto de modulação reduzindo assim a quebra dos blocos. Já na alvenaria convencional os blocos quebrados representavam uma porção considerável do total de entulho.

#### 4.2.2 CONSUMO DE ARGAMASSA

O consumo de argamassa e o custo total para alvenaria convencional e racionalizada estão expostos respectivamente nos Quadros 15 e 16:

Quadro 15 - Consumo de argamassa para alvenaria convencional

Convencional	Número de caixas	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	R\$/m <sup>3</sup>	R\$	R\$/m <sup>2</sup>
95,5m <sup>2</sup>	3	0,6		240	144	
	3	0,6			144	
	5	1			240	
	4	0,8			192	
	4	0,8			192	
	1,5	0,3			72	
<b>Total</b>	<b>20,5</b>	<b>4,1</b>	<b>0,043</b>		<b>984</b>	<b>10,30</b>

Fonte: Autor

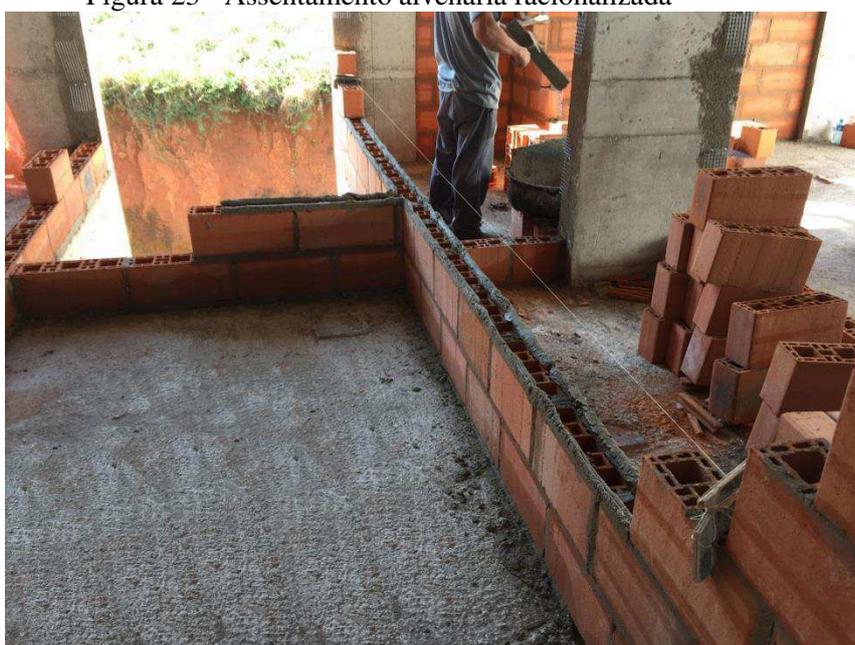
Quadro 16 - Consumo de argamassa para alvenaria racionalizada

Racionalizada	Número de caixas	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup>	R\$/m <sup>3</sup>	R\$	R\$/m <sup>2</sup>
111,89m <sup>2</sup>	4	0,8		240	192	
	1,3	0,26			62,4	
	2	0,4			96	
	1,5	0,3			72	
	1	0,2			48	
	1	0,2			48	
<b>Total</b>	10,8	2,16	0,019		518,4	4,63

Fonte: Autor

Os quadros destacam o volume de argamassa utilizado, seguido do consumo em m<sup>3</sup> de argamassa por m<sup>2</sup> de alvenaria e finalmente o custo final por m<sup>2</sup> de alvenaria. É possível identificar uma grande diferença em relação ao consumo de argamassa por m<sup>2</sup> entre os dois tipos de bloco, devido principalmente à execução durante o assentamento. Enquanto na alvenaria convencional o assentamento era realizado espalhando a argamassa sobre toda a superfície da junta horizontal com a utilização da colher de pedreiro, na alvenaria racionalizada o assentamento era executado utilizando apenas duas fiadas de argamassa com a utilização de meia-cana conforme ilustra a Figura 23:

Figura 23 - Assentamento alvenaria racionalizada



Fonte: Autor

Apesar de não quantificado neste trabalho, o consumo de argamassa de reboco no caso da alvenaria convencional seria possivelmente maior do que na alvenaria racionalizada, devido ao preenchimento dos cortes realizados na alvenaria convencional para passagens das instalações.

O consumo unitário de material (CUM) e o índice de perda de materiais (IPM) para o consumo de argamassa é mostrado no Quadro 17 (para alvenaria convencional) e no Quadro 18 (para alvenaria racionalizada):

Quadro 17 - CUM e IPM para alvenaria convencional

Consumo unitário de argamassa com IPM para alvenaria convencional					
	ml/m <sup>2</sup>	l/m <sup>2</sup>	QMT (l/ml)	QMR (l/ml)	IPM (%)
juntas verticais	4,75	6,06			
juntas horizontais	5,00	6,38			
Total	9,75	12,43	1,28	4,40	245,35

Fonte: Autor

Quadro 18 - CUM e IPM para alvenaria racionalizada

Consumo unitário de argamassa com IPM para alvenaria racionalizada					
	ml/m <sup>2</sup>	l/m <sup>2</sup>	QMT (l/ml)	QMR (l/ml)	IPM (%)
juntas verticais	2,85	6,06			
juntas horizontais	5,00	1,80			
Total	7,85	7,86	1,00	1,98	97,84

Fonte: Autor

Para a estimativa do consumo teoricamente necessário de argamassa (dado em metro linear/m<sup>2</sup> e litro/m<sup>2</sup>) considerou-se para alvenaria convencional o bloco tendo face de 19 x 19 cm com largura de 12,75 cm que seria a largura média entre os blocos com largura de 11,5 cm e 14 cm. Além disso, considerou-se revestimento de toda junta horizontal e vertical com 1 cm de espessura.

No caso da alvenaria racionalizada, o consumo teoricamente necessário foi calculado com base no bloco com face 19 x 29 cm e largura 12,75 cm. Para a junta horizontal considerou-se o assentamento com 2 filetes de argamassa quadrados com lado igual a 3 cm. Já para as juntas verticais considerou-se preenchimento de toda a face com espessura de 1 cm.

Dessa forma foi possível levantar a quantidade de material teórica e compará-la com a quantidade de material realmente utilizada obtendo assim o índice

de perda de material, que foi muito superior no caso da alvenaria convencional. Muito provavelmente devido ao fato da utilização da ferramenta de meia-cana que permite um melhor aproveitamento do material reduzindo assim o desperdício.

Os valores muito altos de desperdício podem estar relacionados ao consumo teoricamente necessário onde se adotou para o caso da alvenaria convencional uma junta horizontal de 1 cm e na realidade a junta horizontal apresentou aproximadamente 2 cm.

#### 4.3 QUALIDADE FINAL

A qualidade final da vedação vertical foi satisfatória nos dois casos, não ultrapassando em nenhum momento as tolerâncias máximas consideradas pela empresa. Os itens avaliados foram:

- Nivelamento e alinhamento da primeira fiada;
- Planeza e prumo da alvenaria;
- Largura e altura dos vãos de portas e janelas;
- Aspecto final.

As fichas de Inspeção preenchidas podem ser encontradas nos anexos do presente trabalho.

As imagens 24 e 25 ilustram respectivamente a conferência da planeza na alvenaria racionalizada com utilização de régua metálica de 2 metros e a verificação do prumo na alvenaria convencional:

Figura 24 - Conferência da planeza na alvenaria racionalizada



Fonte: Autor

Figura 25 - Conferência de prumo na alvenaria convencional



Fonte: Autor

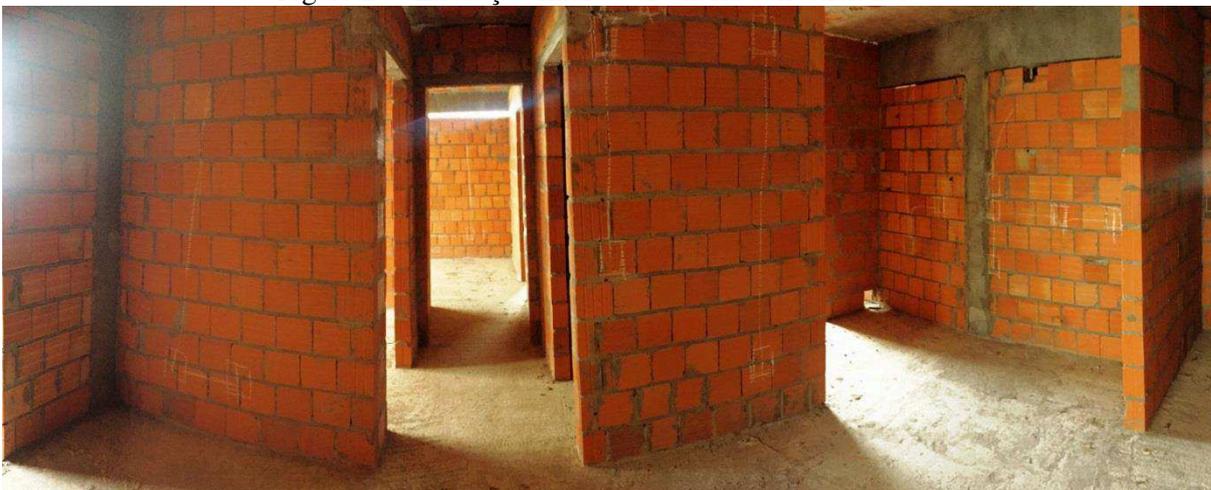
As figuras 26 e 27 ilustram uma vista geral da qualidade final do produto:

Figura 26 - Execução final da alvenaria racionalizada



Fonte: Autor

Figura 27 - Execução final da alvenaria convencional



Fonte: Autor

Como é possível observar pelas imagens a planeza das paredes na alvenaria convencional é similar à alvenaria racionalizada. Isso se deve principalmente à utilização de blocos de boa qualidade. Caso fossem utilizados blocos de qualidade contestável indubitavelmente o produto final apresentaria problemas de planeza.

#### 4.4 COMPARATIVO FINAL

Visando uma melhor compreensão dos dados obtidos, optou-se pela elaboração de um quadro comparativo final do custo entre os dois sistemas

examinados no estudo de caso para todos os andares. O resultado pode ser visualizado no Quadro 19:

Quadro 19 – Extrapolação do custo para todos os andares considerando ambas as alvenarias

Insumo	Quantidade de serviço (m <sup>2</sup> )	Alvenaria convencional				Alvenaria racionalizada			
		RUP (Hh/Qs) ou CUM (insumo/m <sup>2</sup> )	Hh total	Preço unitário (R\$/insumo)	Preço total (R\$)	RUP (Hh/Qs) ou CUM (insumo/m <sup>2</sup> )	Hh total	Preço unitário (R\$/insumo)	Preço total (R\$)
Oficial	8936 m <sup>2</sup>	0,43	3842	15,52	59635,29	0,42	3753	15,52	58248,42
Bloco		30		0,495	131912,20	18		1,928	316117,01
Argamassa		0,043		240	92219,52	0,019		240	40748,16
Total					283767,01	Total			415113,6

Fonte: Autor

A RUP considerada foi calculada a partir da mediana dos dados contidos na curva do efeito aprendizagem (Figura 22) a fim de se obter um resultado final mais confiável. O preço unitário da hora do pedreiro foi obtido através do SINAPI (2016) considerando o preço desonerado para o estado de Santa Catarina. Os demais valores foram retirados da análise dos dados obtidos em obra.

É importante ressaltar que o preço final do oficial não é tão significativo para a empresa visto que o pagamento é realizado pela quantidade de m<sup>2</sup> produzido e não pelo número de horas trabalhadas. O aspecto mais importante com relação à mão-de-obra é o número total de Hh para execução do serviço visto que uma quantidade menor de Hh reduz o prazo para finalização do empreendimento. Como pode ser visto no quadro acima em ambos os aspectos (Hh e preço total do pedreiro) os valores finais foram parecidos com o número de Hh da alvenaria racionalizada totalizando 89 Hh a menos que o sistema convencional e o custo final sendo R\$1.386,87 mais barato.

A maior diferença entre os dois métodos foi no preço total dos blocos onde a alvenaria convencional representa uma economia final de R\$184.204,81.

No consumo de argamassa a alvenaria racionalizada apresentou um consumo reduzido apresentando uma diferença final de R\$51.471,36.

No final a alvenaria convencional se mostrou mais economicamente favorável apresentando uma diferença total de R\$131.346,59.

Fica assim evidente que a viabilidade da alvenaria racionalizada depende da redução do custo dos blocos. Uma forma de alcançar esta redução seria através da

busca por fornecedores localizados mais próximos a obra o que diminuiria o custo associado ao transporte por exemplo.

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

### **5.1 CONCLUSÃO**

Com o presente trabalho foi possível cumprir o objetivo principal que era fornecer subsídios para a escolha do sistema de vedação vertical, apresentando o sistema convencional maior viabilidade decorrente principalmente do custo dos blocos. Além do custo mais elevado a alvenaria racionalizada apresentou outro aspecto negativo que foi a grande variedade de blocos dificultando a execução por parte do oficial o que pode em parte ter contribuído para a produtividade abaixo da esperada. Para redução do número de blocos diferentes seria interessante que fosse adotada a coordenação modular ainda na fase de projetos, objetivando a melhor compatibilização com o projeto estrutural.

Com exceção destes pontos, a alvenaria racionalizada apresentou um menor indicador de perda de materiais e ainda um menor consumo de argamassa para o assentamento. Ainda com o efeito aprendizagem foi possível constatar que o sistema racionalizado apresenta grande potencial para melhora da produtividade.

Para construtoras que desejam utilizar a alvenaria racionalizada recomenda-se a realização de um quadro de concorrência a fim de encontrar fornecedores com preços menores e mais competitivos com relação aos blocos convencionais. Reduzindo o custo direto e utilizando uma menor variedade de blocos racionalizados o sistema apresenta grande potencial para ser utilizado em grande escala.

### **5.2 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

Sugere-se que para trabalhos futuros seja realizada uma análise de produtividade da alvenaria racionalizada considerando uma quantidade de serviço maior a fim de avaliar o efeito aprendizagem na prática e averiguar o potencial do mesmo no aumento da produtividade.

Propõe-se também, o acompanhamento na execução das instalações na alvenaria racionalizada, com o intuito de averiguar possíveis vantagens e desvantagens com relação às instalações na alvenaria convencional.

Por último, recomenda-se o levantamento do consumo de argamassa de reboco com a intenção de verificar a diferença no consumo para os dois sistemas, visto que na alvenaria racionalizada não há o seccionamento das paredes para passagem das instalações o que sugere uma redução no consumo de argamassa para preenchimento dos vazios. Como ainda algumas bibliografias sugerem, a alvenaria convencional teria maiores desvios de prumo e planeza (o que não foi observado no presente trabalho), mesmo assim seria interessante medir a argamassa de reboco a fim de verificar se o consumo seria superior nesse sentido.

## 6. BIBLIOGRAFIA

ARAÚJO, L. O. C.; SOUZA, U. E. L. **Fatores que influenciam a produtividade da alvenaria: detecção e quantificação.** São Paulo, 2000. Disponível em <[http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000\\_420.pdf](http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/Artigos/ENTAC2000_420.pdf)>. Acesso em 02 de outubro de 2016.

AZEVEDO, M. L. M. **Produtividade na construção civil.** E-civil, 2012. Disponível em <[http://www.ecivilnet.com/artigos/produtividade\\_na\\_construcao\\_civil.htm](http://www.ecivilnet.com/artigos/produtividade_na_construcao_civil.htm)>. Acesso em: 01 de outubro de 2016.

BARBOZA, A. S. R. *et al.* **Coordenação modular e conectividade aplicada à alvenaria de blocos em alternativas tipológicas de habitação de interesse social no nordeste do Brasil.** Fortaleza, 2008. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2008/artigos/A1968.pdf>>. Acesso em: 27 de Setembro 2016.

BARROS, M. M. S. B. **O processo de produção das alvenarias racionalizadas.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedações Verticais (1º.: 1998: São Paulo) **Anais**; ed. Por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros, J.S. Medeiros, São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

FRANCO, L. S. **O projeto das vedações verticais: características e importância para a racionalização do processo de produção.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedação Vertical (1º. 1998: São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros J.S. Medeiros, São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

HEINECK, L. F. M. **Efeito aprendizagem, efeito continuidade e efeito concentração no aumento da produtividade de alvenarias.** In: Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil, 3. Florianópolis, 1991.

HEINECK, L. F. M. **Tamanho dos tijolos e a produtividade nas alvenarias.** In: Simpósio de desempenho de materiais e componentes de construção civil, 3. Florianópolis, 1991.

JUNGLES, A. E.; NOVAIS, S. G.; OLIVEIRA, P. V. H.; SAGAVE, A. M. **Análise do desperdício de materiais na fase de revestimento.** I SIBRAGEQ, Recife, 1999.

LANTELME, E. M. V.; TZORTZOPOULOS, P.; FORMOSO, C. T. **Indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil.** Porto Alegre, 2001.

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

RAMOS, A. S.; **Influência na coordenação modular do bloco de concreto na produtividade em alvenarias estruturais.** Florianópolis, 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), UFSC.

RODRIGUES, M. L.; **Ganhos na construção com a adoção da alvenaria com blocos cerâmicos modulares.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica. Abril de 2013.

SABBATINI, F. H. **A industrialização e o processo de produção de vedações: utopia ou elemento de competitividade empresarial.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedação Vertical (1º. 1998: São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros J.S. Medeiros, São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

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

SILVA, A. H. **Comparação de custos entre os processos construtivos em concreto armado e em alvenaria estrutural em blocos cerâmicos e de concreto.** Florianópolis, 2002. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), UFSC.

SILVA, A. H.; SANTOS, D. G.; ROMAN, H. R.; HEINECK, L. F. M. **Custos e produtividade em alvenaria estrutural – análise comparativa entre 12 prédios com estrutura em blocos cerâmicos, 3 prédios em blocos de concreto e 8 prédios com estrutura convencional de concreto armado.** In: Conferência latino-americana de construção sustentável, encontro nacional de tecnologia do ambiente construído, 10, 2004, São Paulo.

SILVA, R.C.; GONÇALVES, M.O.; ALVARENGA, R.C.S.S./Revista Técnica. **Alvenaria racionalizada**, Julho de 2006. Disponível em: <<http://www.techne.pini.com.br/engenharia-civil/112/artigo285542-1.aspx>>. Acesso em 22 de setembro de 2016.

SIMÃO, P. S. **A produtividade da construção brasileira.** FGV Projetos, 2009. Disponível em <<http://www.cbicdados.com.br/media/anexos/066.pdf>>. Acesso em 01 de outubro de 2016.

SINAPI 2016. **Sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil.** Setembro de 2016. Disponível em: <[http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria\\_662](http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662)>. Acesso em 15 de novembro de 2016.

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

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros.** 1ed. São Paulo, PINI, 2005.

SOUZA, U. E. L. **Produtividade e custos dos sistemas de Vedação Vertical.** In: Seminário Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios: Vedação Vertical (1º. 1998: São Paulo) **Anais**; ed. por F.H. Sabbatini, M.M.S.B. de Barros J.S. Medeiros, São Paulo, EPUSP/PCC, 1998.

TCPO 2010. **Tabela de composições de Preços para Orçamentos.** 13 ed., São Paulo, Editora PINI, 2010. 630p.

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

TOMAZETTI, R. R.; REIS, F.S.B.; SOUZA, U.E.L. **Subsídios para a escolha da vedação vertical: produtividade e consumo de materiais na execução de vedações de alvenaria e gesso acartonado.** In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção. (4º. 2005: Porto Alegre).

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015. 290 p

ANEXO A – Ficha de inspeção do apartamento 204 (alvenaria racionalizada)

		INSPEÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS		Código: FVS 04		
				Revisão: 00		
				Página 1 de 1		
Obra: <u>Residencial Itacorubi</u>		Local: <u>AP 204</u>				
Situação: <u>C - Conforme</u>		<u>NC - Não-conforme</u>		<u>ASC - Aprovado Sob Concessão</u>		
				<u>NA- Não Aplicável</u>		
Etapa	Item Inspeccionado	Método Aplicado	Padrão	Situação		
				1ª	NC	2ª
Início do serviço:		Data Liberação:	Assinatura Aprovação:			
Alvenaria de Vedação	1. Nivelamento e alinhamento da fiada de marcação	Através de nível de mangueira ou laser, trena e linha de náilon após marcação concluída.	Uniforme	C		
	2. Planeza e prumo da alvenaria (ambiente interno)	Através de um prumo de face e régua de alumínio de 2 metros após a conclusão da elevação da alvenaria.	Tolerância de $\pm 5$ mm	C		
	3. Largura e altura dos vãos de portas e janelas	Através de trena metálica após a conclusão da elevação da alvenaria.	Tolerância de $\pm 2$ cm	C		
	4. Aspecto final	Visual após a conclusão da alvenaria.	As fiadas e fugas devem ser uniformes	C		
	5. Encunhamento	Através de trena metálica verificar se o encunhamento apresenta de 1,5 até 3,5 cm.	Tolerância de $\pm 1$ cm			
Início do serviço:		Data Liberação:	Assinatura Aprovação:			
Revestimento em Argamassa (Reboco)	1. Preparação da base	Verificar visualmente se foram removidas as sujeiras, incrustações, pregos, etc. e se o chapisco foi executado corretamente em um tempo mínimo de 1 dia.	A base deve estar limpa e o chapisco aplicado sobre toda a área em um tempo mínimo de 1 dia			
	2. Taliscamento	Após a execução das taliscas, verificar por meio de uma régua de alumínio ou linha de náilon, esquadro e prumo de face, observando a planicidade e prumo.	$\pm 5$ mm			
	3. Execução do reboco	Verificar se o reboco apresenta espessura entre 1,5 e 2,0 cm	$\pm 5$ mm			
		Conferir a planicidade por intermédio de régua de alumínio.	$\pm 2$ mm			
4. Acabamento e limpeza	Checar alinhamento e regularidade dos cantos, com régua de alumínio e verificar o aspecto final do revestimento e execução das juntas.	$\pm 2$ mm				
Início do serviço:		Data Liberação:	Assinatura Aprovação:			
Revestimento (Cerâmica)	1. Impermeabilização	Antes de iniciar o serviço, verificar se os serviços de impermeabilização foram concluídos e testados, quando aplicável.	Impermeabilização concluída e testada			
	2. Planicidade da superfície	Após assentadas todas as peças, antes do rejunte, verificar com régua de alumínio a planicidade e dentes sobressalentes.	$\pm 2$ mm em 2 metros			
	3. Espessura das juntas	Após assentadas todas as peças, antes do rejunte, verificar visualmente a uniformidade da espessura das juntas.	Uniforme			
	4. Aspecto final	Verificar visualmente a regularidade do acabamento das juntas, acabamento de cantos, cortes e arremates.	Uniforme			
Tratamento de Não-conformidades:		Registro de Ocorrência? ( ) Não ( ) Sim. Nº RQ:				
Nº NC	Descrição da Ocorrência	Ação Corretiva Imediata	Responsável	Prazo para Realização	Data da Eficácia	

ANEXO B – Ficha de inspeção do apartamento 205 (alvenaria convencional)

		INSPEÇÃO DE VEDAÇÕES VERTICAIS		Código: FVS 04	
				Revisão: 00	
				Página 1 de 1	
Obra: <u>Residencial Itacorubi</u>		Local: <u>Ap 205</u>			
Situação: <u>C - Conforme</u>		NC - Não-conforme		ASC - Aprovado Sob Concessão	
				NA- Não Aplicável	
Etapa	Item Inspeccionado	Método Aplicado	Padrão	Situação	
				1ª	NC 2ª
Início do serviço:		Data Liberação:	Assinatura Aprovação:		
Alvenaria de Vedação	1. Nivelamento e alinhamento da fiada de marcação	Através de nível de mangueira ou laser, trena e linha de náilon após marcação concluída.	Uniforme	C	
	2. Planeza e prumo da alvenaria (ambiente interno)	Através de um prumo de face e régua de alumínio de 2 metros após a conclusão da elevação da alvenaria.	Tolerância de $\pm 5$ mm	C	
	3. Largura e altura dos vãos de portas e janelas	Através de trena metálica após a conclusão da elevação da alvenaria.	Tolerância de $\pm 2$ cm	C	
	4. Aspecto final	Visual após a conclusão da alvenaria.	As fiadas e fugas devem ser uniformes	C	
	5. Encunhamento	Através de trena metálica verificar se o encunhamento apresenta de 1,5 até 3,5 cm.	Tolerância de $\pm 1$ cm		
Início do serviço:		Data Liberação:	Assinatura Aprovação:		
Revestimento em Argamassa (Reboco)	1. Preparação da base	Verificar visualmente se foram removidas as sujeiras, incrustações, pregos, etc. e se o chapisco foi executado corretamente em um tempo mínimo de 1 dia.	A base deve estar limpa e o chapisco aplicado sobre toda a área em um tempo mínimo de 1 dia		
	2. Taliscamento	Após a execução das taliscas, verificar por meio de uma régua de alumínio ou linha de náilon, esquadro e prumo de face, observando a planicidade e prumo.	$\pm 5$ mm		
	3. Execução do reboco	Verificar se o reboco apresenta espessura entre 1,5 e 2,0 cm	$\pm 5$ mm		
		Conferir a planicidade por intermédio de régua de alumínio.	$\pm 2$ mm		
4. Acabamento e limpeza	Checar alinhamento e regularidade dos cantos, com régua de alumínio e verificar o aspecto final do revestimento e execução das juntas.	$\pm 2$ mm			
Início do serviço:		Data Liberação:	Assinatura Aprovação:		
Revestimento (Cerâmica)	1. Impermeabilização	Antes de iniciar o serviço, verificar se os serviços de impermeabilização foram concluídos e testados, quando aplicável.	Impermeabilização concluída e testada		
	2. Planicidade da superfície	Após assentadas todas as peças, antes do rejunte, verificar com régua de alumínio a planicidade e dentes sobressalentes.	$\pm 2$ mm em 2 metros		
	3. Espessura das juntas	Após assentadas todas as peças, antes do rejunte, verificar visualmente a uniformidade da espessura das juntas.	Uniforme		
	4. Aspecto final	Verificar visualmente a regularidade do acabamento das juntas, acabamento de cantos, cortes e arremates.	Uniforme		
<b>Tratamento de Não-conformidades:</b>		Registro de Ocorrência? ( ) Não ( ) Sim. Nº RQ:			
Nº	Descrição da Ocorrência	Ação Corretiva Imediata	Responsável	Prazo para Realização	Data da Eficácia
NC					

ANEXO C – Projeto de modulação da alvenaria racionalizada (planta baixa da 1ª e 2ª fiada e vista frontal da parede 07)

