

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
COORDENAÇÃO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

VICTOR DE SOUSA GUIMARÃES

**ANÁLISE DO PROCESSO EXECUTIVO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TOLEDO - PR
2018

VICTOR DE SOUSA GUIMARÃES

**ANÁLISE DO PROCESSO EXECUTIVO DE ALVENARIA
ESTRUTURAL: ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel, do curso de Engenharia Civil, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof Dra. Lucia Bressiani.
Co-orientadora: Prof Dra.Regiane S. Fagundes.

TOLEDO - PR

2018



TERMO DE APROVAÇÃO

Título do Trabalho de Conclusão de Curso de Nº 178

Análise do processo executivo de alvenaria estrutural:

Estudo de caso

por

Victor de Sousa Guimarães

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 14:40h do dia 12 de **Novembro de 2018** como requisito parcial para a obtenção do título **Bacharel em Engenharia Civil**. Após deliberação da Banca Examinadora, composta pelos professores abaixo assinados, o trabalho foi considerado **APROVADO**.

Prof. Dr. Fulvio Natercio Feiber
(UTFPR – TD)

Profª Ma. Gladis Cristina Furlan
(UTFPR – TD)

Profª Dra Lucia Bressiani
(UTFPR – TD)
Orientadora

Profª Dra Regiane Slongo Fagundes
(UTFPR – TD)
Co-orientadora

Visto da Coordenação
Prof. Dr Fulvio Natercio Feiber
Coordenador da COECI

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Edivar Geraldo Guimarães e Marcia Auxiliadora de Sousa Guimarães, que estiveram sempre presentes ao meu lado, me dando apoio e suporte. As minhas irmãs, que me incentivaram durante toda essa caminhada.

À minha namorada, Verena Delai, que sempre acreditou no meu potencial e que foi minha companheira de estudo em diversas ocasiões durante essa jornada.

Agradeço à minha orientadora, Prof^a Dra. Lucia Bressiani, pela dedicação e orientação essencial para a realização do trabalho, sendo sempre atenciosa e um exemplo de profissional.

Agradeço à co-orientadora, Prof^a Dra. Regiane S. Fagundes, pelo suporte e conhecimentos repassados para a execução deste trabalho.

Agradeço aos meus colegas de curso, pelos cinco anos de companheirismo, pelas memórias e momentos vividos juntos.

E aos demais, que de algum modo, colaboraram com a realização deste trabalho.

RESUMO

O processo construtivo da alvenaria estrutural possui uma metodologia prática que é delimitada por controles geométricos em diferentes etapas da execução com a finalidade de assegurar a qualidade e a integridade da construção. Deste modo, o objetivo do trabalho foi identificar os procedimentos executivos presente no canteiro de obra, a frequência em que eram executados e se estavam de acordo com os limites geométricos pré-estabelecidos. Assim, a investigação consistiu em acompanhar uma obra de alvenaria estrutural, situada na cidade de Cascavel – PR, por um período de três meses, onde a abordagem ocorreu no acompanhamento dos processos executivos realizados, visando registrar a frequência da execução através de listas de verificação de serviços e na investigação de possíveis erros executivos nas juntas de assentamento e no prumo. As análises dos dados referentes à frequência das etapas executadas ocorreram por meio de método estatístico, que possibilitou avaliar quantitativamente a execução da mão de obra. Os resultados evidenciaram que o desempenho dos funcionários responsáveis pelo assentamento dos blocos de concreto foi predominantemente satisfatório, mas com algumas ressalvas, pois apesar de apresentar atividades com frequência elevada houveram casos de atividades com frequência mais crítica, além de apresentarem alguns erros nas juntas de assentamento e no prumo fora do tolerável pela NBR 15961-2 (2011). Em contrapartida, o desempenho do funcionário responsável pelo graute foi inferior, pois obteve frequência de execução mais baixas na maioria de suas atividades verificadas. Deste modo, conclui-se que houve variação no desempenho dos funcionários estando ligado ao tipo de serviço realizado e que há a necessidade de melhoria para todos os funcionários avaliados, para que se possam evitar problemas futuros na edificação.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural, Processo construtivo, Lista de verificação de serviço.

ABSTRACT

The construction method of masonry structural has a practical methodology based by geometrics controls in different phase of execution, with the goal of provide quality and integrity in building. Thus, the work goal was identify what were the executive's procedures present in building, the frequency that was executed and if was according with the standard. So, the investigation happened in a masonry structural building, located in Cascavel – PR, during three months, where occurred the study of executive's procedures realized, with the intention of get execution frequency through of list of service checks and investigate the wrong mortar joints and plumbs. The analyze happened through statistical method, that evaluate the execution of employees. The results showed that the performance of employees responsible for the use of concrete blocks was predominantly satisfactory, but although some activities showed a good frequency there were cases of activity with critical frequency, showing some errors in mortar joint and in plumbs out of tolerances of NBR 15961-2 (2011). In contrast, the performance of employee responsible for the grout was poor, because execution frequency was critical in most of its activities recorded. That way, concludes that had variation in the employees performance according with service type realized e that there is necessity of improve for all employees evaluated, to prevent future problems in building.

Keywords: Structural masonry, construction method, list of service checks.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Modelo de alvenaria estrutural.	18
Figura 2 - Família 39.	22
Figura 3 - Família 29.	22
Figura 4 - Tipos de amarrações.	23
Figura 5 - Variações máximas das espessuras das juntas de argamassa.	26
Figura 6 - Variação do nível da superfície dos pavimentos.	26
Figura 7 - Limites máximos para o desaprumo e desalinhamento.	27
Figura 8 - Espessura da junta de assentamento (mm) x Resistência (Mpa).	29
Figura 9 - Fluxograma das etapas de pesquisa.	32
Figura 10 - Serviço preliminar x Frequência de execução.	45
Figura 11 - Serviço de marcação executado x Frequência de execução.	47
Figura 12 - Desnível da laje.	48
Figura 13 - Serviço de elevação executado pelos funcionários principais da obra x Frequência de execução.	50
Figura 14 - Parede em meia-altura.	52
Figura 15 - Blocos canaletas.	53
Figura 16 - Vergas e contravergas sem os 30 cm mínimos de blocos canaletas para cada lado da abertura.	54
Figura 17 - Uso de fios flexíveis no assentamento dos blocos.	55
Figura 18 - Não execução de janelas de visita.	56
Figura 19 - Junta de assentamento.	57
Figura 20 - Juntas espessas nas fiadas horizontais superiores.	59
Figura 21 - Junta horizontal de assentamento com 17 mm.	59
Figura 22 - Bloco com 18,5 cm de altura.	60
Figura 23 - Junta vertical de assentamento com 28 mm.	61
Figura 24 - Juntas secas devido ao método construtivo.	63
Figura 25 - Ajustes durante o assentamento dos blocos.	64
Figura 26 - Desaprumo.	65
Figura 27 - Serviço de elevação executado pelos funcionários extras x Frequência de execução.	68
Figura 28 - Excesso de argamassa.	69

Figura 29 - Grauteamento sem dispositivos posicionadores.	70
Figura 30 - Grauteamento de ponto estrutural.	72

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Serviços preliminares.	34
Quadro 2 - Serviço de marcação.....	34
Quadro 3 - Serviço de elevação.	35
Quadro 4 - Quantificação das categorias "números inteiros ordenados".	38
Quadro 5 - Frequência dos serviços preliminares.	80
Quadro 6 - Frequência dos serviços de marcação.....	81
Quadro 7 - Frequência dos serviços de elevação.	82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Representação da tabela de correspondência.	40
Tabela 2 - Distribuição de frequência (%) dos serviços executados na fase preliminar da obra relacionado a frequência de execução.	43
Tabela 3 - Inércia associada as 4 dimensões.	44
Tabela 4 - Distribuição de frequência relativa (%) dos serviços de marcação da obra relacionado a frequência de execução.	46
Tabela 5 - Inércia associada as 4 dimensões.	46
Tabela 6 - Distribuição de frequência relativa (%) dos serviços de elevação da obra relacionado a frequência de execução dos funcionários principais.	49
Tabela 7 - Inércia associada as 4 dimensões.	50
Tabela 8 - Distribuição de frequência relativa (%) dos serviços de elevação da obra relacionado a frequência de execução dos funcionários extras.	66
Tabela 9 - Inércia associada a 3 dimensões.	67

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	JUSTIFICATIVA.....	15
1.2	OBJETIVOS	16
1.2.1	Objetivo Geral.....	16
1.2.2	Objetivos específicos.....	16
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	BREVE HISTÓRICO.....	17
2.2	CONCEITUAÇÃO.....	18
2.3	COMPONENTES DA ALVENARIA.....	19
2.3.1	Blocos (unidades).....	19
2.3.2	Argamassa de assentamento	20
2.3.3	Graute.....	20
2.3.4	Armadura	21
2.4	COORDENAÇÃO MODULAR	21
2.5	PRODUÇÃO DA ALVENARIA	23
2.5.1	Equipamentos.....	24
2.5.2	Execução.....	24
2.6	CONTROLE DE EXECUÇÃO.....	25
2.7	ERROS EXECUTIVOS.....	27
2.7.1	Juntas de assentamento.....	28
2.7.2	Desaprumo e desalinhamento	29
2.8	IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE OBRAS	30
3	MATERIAIS E MÉTODOS	31
3.1	INTRODUÇÃO.....	31
3.2	DESCRIÇÃO DA PESQUISA	31
3.3	ETAPAS DA PESQUISA	32
3.4	OBRA DO ESTUDO DE CASO	33
3.5	COLETA DE DADOS.....	33
3.5.1	Instrumento para coleta de dados	33
3.5.2	Levantamento de dados	37
3.6	ANÁLISE DOS RESULTADOS	38

3.6.1	Tratamento de dados.....	38
3.6.2	Análise de Correspondência.....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	43
4.1	PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO	43
4.1.1	Serviços preliminares	43
4.1.2	Marcação.....	45
4.1.3	Elevação da alvenaria	48
4.1.3.1	<i>Atividade 3.16: Executar as fiadas até meia-altura ou altura do peitoril</i>	<i>51</i>
4.1.3.2	<i>Atividade 3.4: Efetuar a limpeza garantindo a ausência de rebarbas.....</i>	<i>52</i>
4.1.3.3	<i>Atividade 3.17: Assentar os blocos canaletas para execução das vergas e contravergas, avançando no mínimo 30 cm para cada lado da abertura.</i>	<i>53</i>
4.1.3.4	<i>Atividade 3.5: Assentar cada fiada com o auxílio de fios flexíveis estirados horizontal e paralelamente ao plano da parede.....</i>	<i>54</i>
4.1.3.5	<i>Atividade 3.11: Executar furos de dimensões mínimas de 7,5 cm de largura por 10 cm de altura ao pé de cada vazio a grautear.....</i>	<i>55</i>
4.1.3.6	<i>Atividade 3.7: Aplicar a argamassa para formação da junta horizontal e vertical (somente nas paredes longitudinais ou nas paredes longitudinais e transversais do bloco, conforme especificado no projeto).</i>	<i>57</i>
4.1.3.7	<i>Atividade 3.8: Assentar de forma que as juntas verticais e horizontais tenham espessura de 10mm ± 3 mm</i>	<i>58</i>
4.1.3.8	<i>Atividade 3.3: Efetuar o preenchimento e uniformização das juntas</i>	<i>61</i>
4.1.3.9	<i>Atividade 3.1: Realizar o assentamento verificando o alinhamento, prumo e planicidade e Atividade 3.2: Efetuar os ajustes para dar o alinhamento, nivelamento e prumo de cada bloco até sua posição definitiva</i>	<i>63</i>
4.1.3.10	<i>Atividade 3.10: Assentar os blocos de forma que a argamassa não avance no interior dos vazios do bloco mais que 1 cm, deixando livre o espaço destinado ao enchimento com graute</i>	<i>66</i>
4.1.4	Atividades desenvolvidas por profissionais extras.....	66
4.1.4.1	<i>Atividade 3.24: Efetuar o lançamento do graute no mínimo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas</i>	<i>68</i>
4.1.4.2	<i>Atividade 3.19: Saturar os vazios verticais para evitar excessiva absorção da água do graute, imediatamente antes de iniciar o grauteamento</i>	<i>69</i>
4.1.4.3	<i>Atividade 3.13: Remover os excessos de argamassa que ficam salientes no interior dos vazios verticais ou canaletas</i>	<i>69</i>

4.1.4.4	<i>Atividade 3.20: Colocar a armadura vertical ou horizontal de modo a obedecer às prescrições de projeto, evitando a possibilidade de alterações no posicionamento durante o grauteamento, mediante o uso de dispositivos posicionadores</i>	70
4.1.4.5	<i>Atividade 3.25: Efetuar o lançamento do graute através de altura máxima de 2,8 m com uso de adensamento manual ou mecânico e 1,6 m sem adensamento e com obrigatoriedade de existência de furos de visita ao pé de cada trecho a grautear.....</i>	71
5	CONCLUSÃO.....	73
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
	ANEXO A – Lista 01	80
	ANEXO B – Lista 02	81
	ANEXO C – Lista 03	82

1 INTRODUÇÃO

O cenário da alvenaria estrutural teve significativas mudanças desde o início da sua implantação até os dias atuais. Sua metodologia passou por processos de adaptações e desenvolvimentos com o passar dos anos, alterando de simples empilhamento de blocos, para composição de blocos e argilas e, atualmente, para a interação dos componentes blocos, argamassa e grautes (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Todo esse desenvolvimento está marcado pelas representativas construções presentes por todo o mundo. Essas construções são compostas pelas históricas pirâmides, pelo coliseu e igrejas e hoje em dia, pelos edifícios formados por grandes números de pavimentos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Mesmo com toda essa evolução no método construtivo a sua essência se manteve, pois as unidades continuaram desempenhando o papel fundamental na estrutura, tendo de assegurar através da união dos blocos o desempenho estrutural, a durabilidade, a impermeabilidade e proporcionar segurança (ROMAN, 1999).

No Brasil, apesar do atual momento da construção civil, que segundo a Confederação Nacional da Indústria (2018), está em baixa e apenas com expectativa de crescimento ao longo de 2018, a alvenaria estrutural teve seu método impulsionado no mercado nos últimos anos. Isto está vinculado ao crescimento obtido pela construção civil no Brasil, que ocorreu com a ascensão habitacional entre 2004 e 2012, impulsionada pelo favorecimento ao crédito financeiro, que tornou viável para a população adquirir sua casa própria e tentar reverter o déficit populacional existente no país (SOUSA et al, 2015).

Este crescimento exigiu maior demanda no mercado e as empresas tiveram que buscar alternativas para suprir isto. Deste modo, a alvenaria estrutural surgiu como uma opção devido as vantagens que seu método de construção possibilita.

As vantagens são compostas pela redução do custo que pode chegar até a 30% do investimento devido as simples técnicas aplicadas, pelo menor número de variedade de materiais que são utilizados, pela redução do efetivo da carpintaria e ferreiros, racionalização e qualidade da execução (CAMACHO, 2006; ROMAN, 1999).

Por outro lado, o sistema construtivo apresenta algumas limitações e pontos negativos, como a dificuldade de alteração da finalidade do uso da estrutura, na

necessidade da qualificação da mão de obra e pela execução eficaz que exige controle de qualidade e intensa fiscalização (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

No entanto, mesmo com essas limitações, a alvenaria estrutural vem sendo utilizada em habitações populares, onde a construção possui a princípio apenas a finalidade de ocupação habitacional, não tendo o intuito de alteração do uso e nem a exigência de acabamento em alto padrão, o que reduz as desvantagens e faz prevalecer as vantagens (RICHTER; MASUERO; FORMOSO, 2010).

Perante a isto, a NBR 15961-2 (2011) estabelece medidas que visam determinar os procedimentos corretos de execução e controle da obra, que deverão ser seguidos pelas empresas que buscam atingir maior competitividade no mercado. Assim, com planejamento e com a execução bem desenvolvida tende-se a diminuir os erros executivos, retrabalhos e possibilidade de surgimento de patologias.

E é neste contexto que este trabalho se insere, apresentado um estudo que contribua com a execução da alvenaria estrutural, de acordo com o estabelecido pela norma técnica.

1.1 JUSTIFICATIVA

Visando um melhor desempenho no ramo da construção civil, as empresas devem se aperfeiçoar e buscar melhorias nos setores em que possuem atuação. Uma alternativa para isto é a aplicação de medidas que aumentem a produtividade e melhorem a qualidade da execução. O resultado disso, seria a redução de desperdícios, de procedimentos inadequados, de retrabalhos, que geram maiores custos as empresas (FRANCO, [199-?]).

Segundo Baldissarelli et al (2016), as medidas para obtenção da precisão necessária para execução da alvenaria estrutural são o treinamento da mão de obra e o monitoramento adequado de todos os processos pela administração. Assim, seria limitado as improvisações e conseqüentemente, os erros de execução.

Caso não haja esse cuidado frequente com o processo construtivo a incidência de erros na obra tende a crescer, assim como citado por Richter, Formoso e Masuero (2006). Os autores apresentam um estudo que mostra que as maiores incidências dos erros em obras de alvenaria estrutural são procedentes de falhas na execução, ocasionados pelo desaprumo, o preenchimento inadequado das juntas de assentamento e dos grautes, além de outras causas.

Somado a estes fatores, ressalta-se a importância da análise do processo executivo de alvenaria estrutural, pois sua construção está em processo de inserção no mercado da região, com o crescimento de sua aplicação de modo gradual. Assim, a normativa que apresenta os procedimentos de controle e execução ainda não está totalmente difundida, tornando as obras suscetíveis a procedimentos construtivos inadequados.

Neste sentido, este trabalho buscou efetuar uma análise do processo executivo de alvenaria estrutural, através de um estudo de caso realizado na cidade de Cascavel, Paraná.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi analisar o processo de execução da alvenaria estrutural, em uma obra, quanto ao atendimento dos requisitos da NBR 15961-2 (2011).

1.2.2 Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste estudo são:

- Identificar os procedimentos executivos de uma obra em alvenaria estrutural.
- Identificar a frequência em que os serviços são executados.
- Identificar se as etapas de execução estão dentro dos limites pré-estabelecidos pela NBR 15961-2 (2011).
- Apresentar os serviços que são executados de forma incorreta e as possíveis implicações para a obra.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Neste tópico serão abordados sobre os conceitos da alvenaria estrutural, envolvendo seus componentes, os métodos construtivos, seus possíveis erros executivos e os controles de execução.

2.1 BREVE HISTÓRICO

A alvenaria estrutural é um método construtivo que em seu início era baseada em métodos empíricos de assentamento de blocos e que sofreu alteração para conceituação de tecnologia da construção civil somente por volta do século XVII. Este acontecimento ocorreu quando métodos investigativos foram aplicados ao sistema de construção e identificaram que havia princípios de estática envolvendo a estrutura (HENDRY, 2002).

Segundo Hendry (2002), embora nos séculos 19 e 20 estivessem sendo realizados testes nos elementos de alvenaria, as construções ainda estavam sendo feitas de acordo com métodos empíricos. Esta metodologia era uma das principais utilizadas pelo homem até o final do século 19, baseada nos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos (CAMACHO, 2006).

Com o desenvolvimento de outras alternativas construtivas como o aço e o concreto armado, a alvenaria estrutural foi perdendo espaço no mercado da construção, pois até este período a alvenaria tinha baixa velocidade de construção e necessitava de elevadas espessuras nas paredes, acarretando em perda de espaço no interior (HENDRY, 2002).

No período da Segunda Guerra Mundial, com as indústrias focadas no abastecimento armamentício e com o mercado buscando novas metodologias, a alvenaria estrutural ressurgiu como uma alternativa de construção (CAMACHO, 2002).

No Brasil, essa prática construtiva aplicada em edifícios surgiu na cidade de São Paulo, por volta de 1966, e foi nessa mesma região que ocorreu o desenvolvimento com a construção de edifícios residenciais e industriais. Algumas empresas passaram a aderir esse sistema considerando-o uma alternativa econômica e eficiente (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Atualmente, alguns dos fatores que influenciam na escolha da alvenaria estrutural são devidas as evoluções ocorridas, como no caso de maior disponibilidade

de fornecedores de materiais para as estruturas de alvenaria, maior conhecimento da metodologia no mercado de trabalho e existência de norma gerando maior clareza e segurança sobre os procedimentos a serem definidos no projeto, na execução e no controle de obras (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.2 CONCEITUAÇÃO

O elemento alvenaria é definido como um conjunto de peças com a finalidade de criar um elemento coeso capaz de vedar espaços, promover segurança, resistir a impactos e à ação do fogo, além proteger a estrutura no âmbito acústico e térmico (TAUIL; NESE, 2010), de aspecto como mostra a Figura 1.

Figura 1 - Modelo de alvenaria estrutural.



Fonte: Autor (2018).

De acordo com Azeredo (1997), os materiais a serem utilizados em obra de alvenaria estrutural e de vedação devem oferecer impermeabilidade, resistência e durabilidade.

Segundo Tauil e Nese (2010), há diferentes tipos de alvenarias que podem ser trabalhadas, no entanto, todas devem seguir os padrões normatizados e possuir mão de obra qualificada. Os diferentes tipos de alvenaria são classificados da seguinte maneira:

- Alvenaria não armada: no qual a estrutura possui presença de aço somente em aberturas, com a finalidade de prevenir patologias. Não recebe graute.

- Alvenaria armada ou parcialmente armada: é definida como a estrutura que recebe primeiramente armadura no interior dos blocos vazios para posteriormente receber o graute, com o intuito de resistir aos esforços pré-definidos.
- Alvenaria protendida: é um sistema no qual a presença da armadura será de forma ativa gerando esforços de compressão. Requer equipe e materiais especializados.

2.3 COMPONENTES DA ALVENARIA

Os componentes de alvenaria são definidos como algo que irão compor os elementos que em junção formarão o conjunto de toda a estrutura (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Segundo NBR 15961-1 (2011), os componentes são divididos em blocos (unidades), que se trata do componente básico da estrutura; em argamassa, que utiliza-se na junta das ligações entre os blocos; graute, que tem como finalidade preencher o interior dos blocos e aumentar a resistência da estrutura; e a armadura, que possui função de auxiliar na resistência dos esforços solicitantes.

Os elementos, já citados, correspondem a união entre os componentes a serem utilizados, mínimo dois, formando uma parte elaborada da estrutura. Por exemplo, os elementos podem formar: paredes, vigas, pilares, vergas, contra vergas, cinta e outros (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

2.3.1 Blocos (unidades)

Os blocos são os componentes fundamentais de uma alvenaria estrutural, pois terão como principal finalidade a característica de resistir aos esforços e promover sustentação da estrutura. Além disso, este componente possui grande variabilidade quanto as suas propriedades e características físicas, variando de acordo com os fornecedores, fato que possibilita a realização de um eficiente projeto e aplicação da técnica de coordenação modular (CAMACHO, 2006).

As unidades podem ser maciças ou vazadas, variando a definição com relação ao índice de vazios apresentado pelo componente. Se o índice de vazios apresentado for de no máximo 25% da área total, o bloco é considerado como um

componente maciço, no entanto se o bloco possuir índice de vazios com mais de 25% da área total, será classificado como bloco vazado (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

De acordo com a NBR 6136 (2016), a resistência característica à compressão, com relação a área bruta do bloco, deve obedecer a limites quanto ao local de utilização. Em casos de unidades em paredes externas, a resistência característica à compressão deve ser igual ou maior a 6 Mpa, e quando forem utilizadas em paredes internas ou externas com revestimento, a resistência característica à compressão deve ser igual ou maior a 4,5 Mpa.

2.3.2 Argamassa de assentamento

A argamassa de assentamento é definida como um componente que possui função de ligação dos blocos e, por consequência, possui função auxiliar quanto a resistência da estrutura, pois devem transmitir, uniformizar e absorver tensões aplicadas (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Outras funcionalidades atribuídas a argamassa são as de compensar as variações dimensionais das unidades e de garantir vedação, propiciando a retenção d'água e dos ventos. Somado a isto, as propriedades devem garantir integridade, estanqueidade, elasticidade e trabalhabilidade quando assentadas (CAMACHO, 2006).

A respeito da resistência à compressão da argamassa, deve se considerar o valor máximo de 0,7 da resistência característica pautada na área líquida do bloco (NBR 15961-1, 2011).

2.3.3 Graute

O graute é um microconcreto com alta plasticidade que é inserido no interior dos blocos alocados para formação da estrutura. Sua adição proporciona aumento da resistência à compressão da parede com o aumento da área da seção transversal das unidades. Todavia, se a adição ocorrer em conjunto de estruturas de aço, o graute também aumenta a resistência à tração da estrutura (MANZIONE, 2004).

Assim como acontece em estruturas de concreto armado, o conjunto bloco, graute e eventualmente a armadura devem formar um elemento único e, desta forma, envolver as armaduras e aderir a ela e ao bloco (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Conforme definido pela NBR 15961-1 (2011), o valor mínimo da resistência à compressão característica para alvenaria armada é de 15 Mpa.

2.3.4 Armadura

De acordo com Ramalho e Corrêa (2003) e Camacho (2006), as armaduras empregadas na alvenaria estrutural são as mesmas das estruturas de concreto armado, sendo envolvidas neste caso por graute. As armaduras terão como finalidade absorver os esforços de compressão e/ou tração.

2.4 COORDENAÇÃO MODULAR

Essa metodologia tem como finalidade seguir a uma medida pré-estabelecida e padronizada, podendo-se assim organizar e arranjar os componentes (TAUIL; NESE, 2010).

A coordenação modular tem embasamento na estrutura dos blocos, pois estes possuem definidos suas dimensões de largura, altura e comprimento, sendo possível criar módulos horizontais e verticais em projetos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

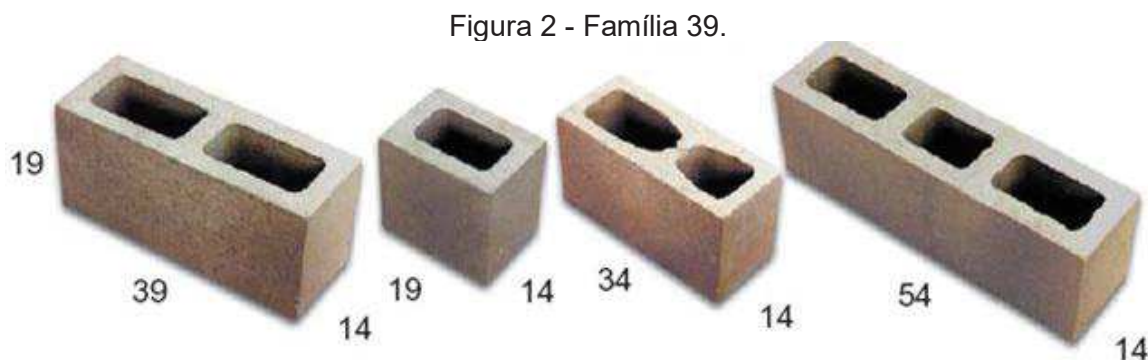
Este dimensionamento prévio possibilita ter o conhecimento das dimensões da obra, através do múltiplo da dimensão dos blocos e, conseqüentemente, reduzir cortes e ajustes necessários à execução além de diminuir os desperdícios (CAMACHO, 2006).

Estes fatores quando bem executados irão compor uma racionalização, que poderá resultar em economia, no entanto, em alguns casos, pequenos ajustes podem ser necessários na etapa da execução da modulação (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

A questão do custo quanto a coordenação modular é um fator importante, pois esse procedimento em conjunto com outras etapas da obra bem elaboradas, podem converter-se em uma racionalização construtiva. Isto é, uma otimização e utilização racional das etapas que podem acarretar em economia para as empresas, permitindo uma evolução e transformando isto em capacidade de aumentar a qualidade (FRANCO, [199-?]).

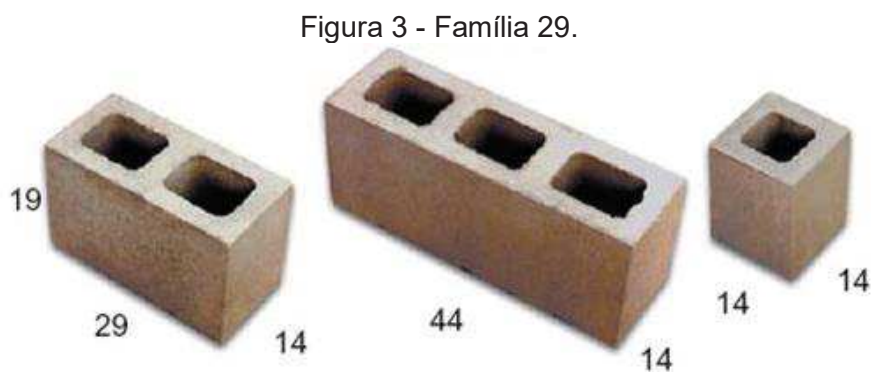
Na construção são conhecidos procedimentos que são definidos por combinações de modulação de 20 e modulação de 30, havendo para cada tipo diferentes dimensões de blocos (TAUIL; NESE, 2010).

Na modulação de 20, também conhecida como Família 39, a medida modular é $M = 10$ cm, tendo seus blocos e combinações de peças com variações de dimensões, assim como ilustra a Figura 2 (TAUIL; NESE, 2010).



Fonte: Faz Fácil. Disponível em: < <https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tamANHos-blocos-concreto/>>.

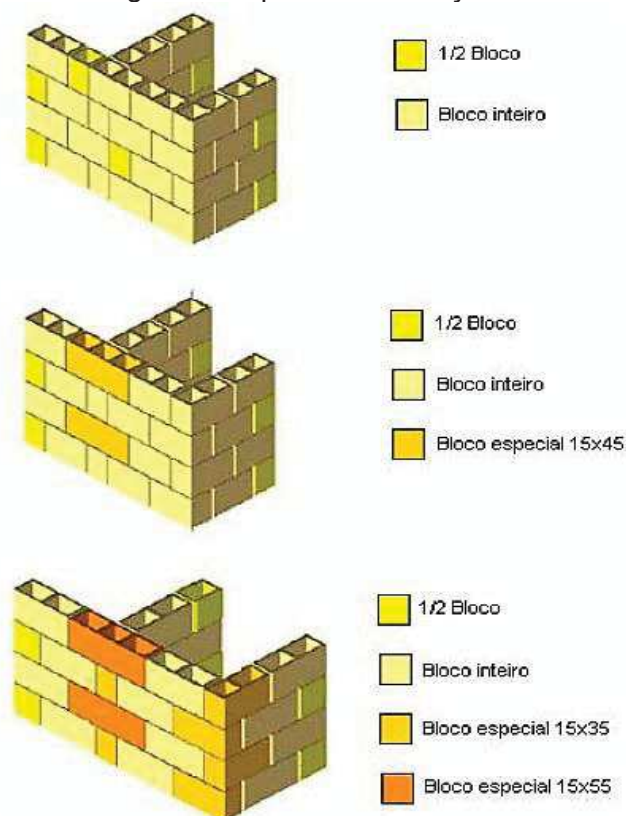
A modulação de 30, conhecida como Família 29, é representada por uma medida de coordenação de $M = 10$ cm, tendo variação da combinação entre $1M + 1/2M$; $3M$; $4M + 1/2M$, como ilustra a Figura 3. (TAUIL; NESE, 2010).



Fonte: Faz Fácil. Disponível em: < <https://www.fazfacil.com.br/reforma-construcao/tamANHos-blocos-concreto/>>.

Com o conhecimento a respeito das modulações existentes é possível planejar a estrutura visando os encontros de paredes, pontos de graute, as instalações, armação e aberturas que possam ser necessárias para a implementação da estrutura. Assim, dependendo dos blocos escolhidos para a modulação, pode-se realizar diferentes métodos de amarrações, como ilustra a Figura 4 (CAMACHO, 2006).

Figura 4 - Tipos de amarrações.



Fonte: Camacho (2006).

As modulações podem ser sem blocos especiais com juntas à prumo – quando duas ou mais juntas verticais ficam alinhadas – ou usando blocos especiais e criando modulação sem juntas à prumo (CAMACHO, 2006).

2.5 PRODUÇÃO DA ALVENARIA

Visando a inicialização do processo de construção da estrutura é necessário que os componentes a serem utilizados passem por ensaios pré-definidos por normas, para verificar se possuem condições adequadas de serem empregados e se irão resistir aos esforços a que serão submetidos (NBR 15961-2, 2011)

Além disso, são necessários para os procedimentos de execução, fatores como: mão de obra especializada, organização do canteiro, planejamento prévio, projeto executivo e equipamentos adequados (SANTOS, 2010).

2.5.1 Equipamentos

Com a necessidade de aumentar a eficiência na execução da alvenaria estrutural foram desenvolvidos alguns equipamentos: escantilhão e régua com bolha, que permitem analisar o prumo e alinhamento; bisnaga, que possibilita o uso para argamassas; palheta, que proporciona o espalhamento da argamassa de assentamento; carrinhos, para transporte de argamassa, blocos; argamasseiras, utilizada para transporte e manejo da argamassa; nível laser e nível alemão, para conferir o nível; além de cavaletes e andaime (ROMAN, 1999).

2.5.2 Execução

No início do processo executivo, deve ocorrer “a limpeza do pavimento onde a alvenaria será executada, quanto a materiais que possam prejudicar a aderência da argamassa entre o bloco e o pavimento” (NBR 15961-2, 2011, p. 12).

Usando do artifício de nível, procura-se definir o ponto mais elevado do pavimento, também conhecido como ponto crítico, onde possa ser assentado um bloco que servirá de referência de nível para a alocação da primeira fiada (SANTOS, 2010).

Em seguida, a partir do planejamento da primeira fiada, os eixos devem ser traçados por um fio de referência e, assim, permitir que sejam alocados blocos estratégicos no pavimento, que normalmente são blocos de canto e blocos de encontros de paredes (MANZIONE, 2004).

Uma característica de execução de estruturas é o umedecimento da superfície onde será aplicado o assentamento dos blocos, resultando em uma melhor aderência. A argamassa deve ser espalhada em todo substrato em que a área dos blocos vai entrar em contato. Posteriormente, os blocos devem ser colocados sobre a argamassa levando em consideração o fio de referência disponível e com o auxílio da régua prumo (MANZIONE, 2004).

Vale ressaltar que conforme a NBR 15961-2 (2011) os blocos depois de assentados não devem ser movidos para não perder a aderência com a argamassa, sendo sempre aplicados enquanto a argamassa possuir características plástica e trabalhável. Durante a elevação da parede de alvenaria, deve-se manter o previsto em projeto utilizando apenas os blocos definidos e nas posições delimitadas.

No procedimento da elevação da estrutura, em casos de união entre paredes estruturais, a conexão deve ser realizada com amarrações. Entretanto, a união entre paredes estruturais e não estruturais deve ser realizada com juntas de trabalho. O uso de grampo entre as paredes não é um método recomendável, pois pode acarretar consequências a estrutura como surgimento de patologias (MANZIONE, 2004).

A cada novo nível de assentamento dos blocos deve-se alterar a linha de referência para assentamento, visando auxiliar em cada nova colocação dos blocos. Verificações também deverão ser realizadas como a conferência da verticalidade com o prumo, conferência da horizontalidade superior com o nível e da posição em altura dos blocos (TAUIL; NESE, 2010).

Análises devem ser feitas nos interiores dos blocos com a intenção de retirar o excesso de argamassa de assentamento que podem se encontrar entre os blocos, impedindo assim que haja má execução em procedimentos futuros de graute e armação. Além disso, as recentes elevações de blocos devem estar sempre protegidas da água da chuva (NBR 15961-2, 2011).

O uso de blocos do tipo canaleta faz se necessário para a confecção das contravergas e vergas de janelas e porta, bem como para a realização da cinta contínua para a fiada de respaldo. A canaleta deve ser preenchida com o graute e armaduras (NBR 15961-2, 2011).

Na etapa do grauteamento, precisamente no início do processo, deve se ocorrer a adição de água no interior dos blocos que serão grauteados. Posteriormente, deve ser efetuado o adensamento manual com o auxílio de haste que possua o comprimento total da altura da parede grauteada. Faz se útil a criação de janela de visita nos pontos escolhidos para a realização do graute para que seja possível operar a limpeza e efetuar a análise do processo (NBR 15961-2, 2011).

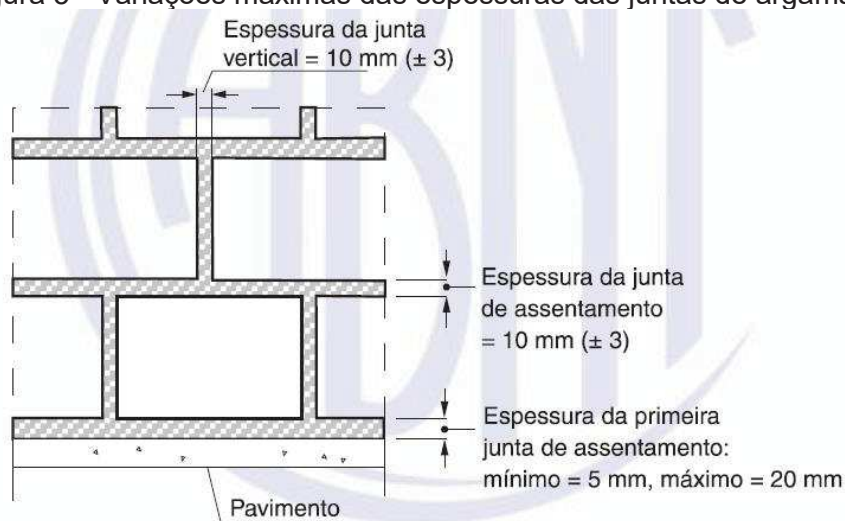
2.6 CONTROLE DE EXECUÇÃO

A NBR 15961-2 (2011) que trata da execução e controle de obra de alvenaria estrutural, possui alguns parâmetros físicos que devem ser seguidos na etapa da execução e que foram definidos com a finalidade de impor limites a procedimentos construtivos, visando a construção de uma obra de modo mais seguro.

Os critérios pré-definidos pela NBR 15961-2 (2011) são:

- Com relação a primeira fiada, deve ser respeitado o intervalo de valores (valor mínimo de 5 mm e máximo de 20 mm) para a junta horizontal de assentamento dos blocos. Há exceção para o caso em que um trecho for inferior a 50 cm permitindo-se assim a espessura máxima de 30 mm.
- Para as espessuras das juntas horizontais e verticais deve ser respeitado o valor de 10 mm, podendo ter uma variação da espessura de 3 mm, conforme Figura 5.

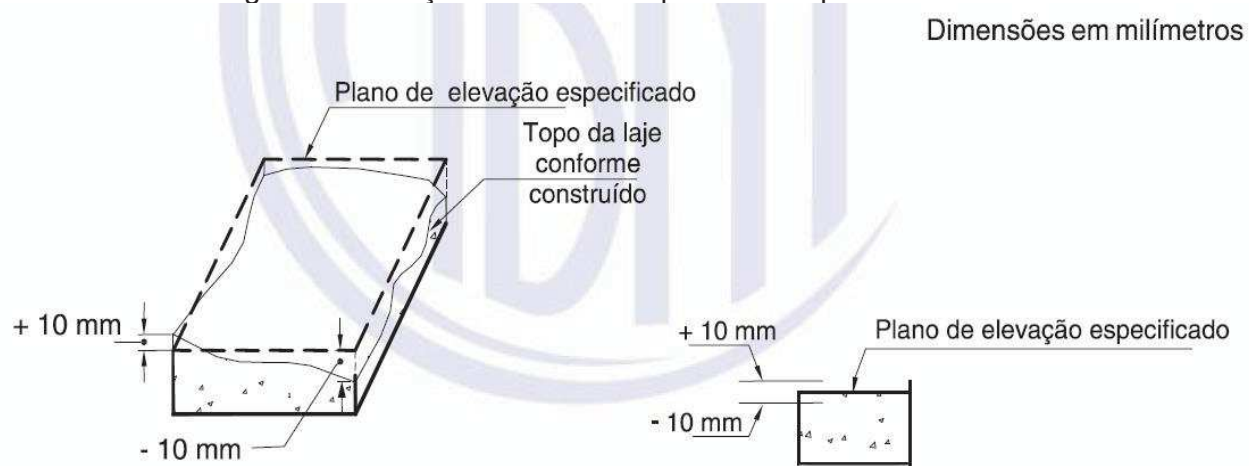
Figura 5 - Variações máximas das espessuras das juntas de argamassa.



Fonte: NBR 15961-2 (2011).

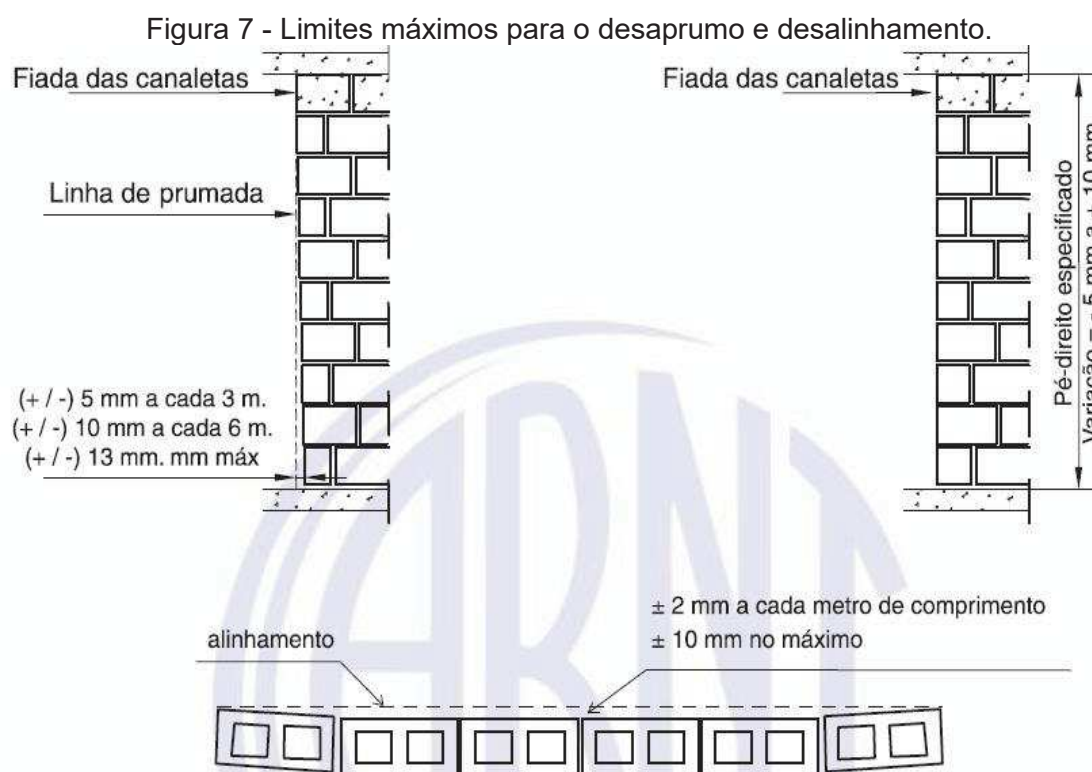
- Deve-se manter a elevação condizente com o plano de elevação especificado, não variando mais de 10 mm com relação ao plano projetado (Figura 6).

Figura 6 - Variação do nível da superfície dos pavimentos.



Fonte: NBR 15961-2 (2011).

- Quanto ao alinhamento da parede de modo vertical e horizontal, o desaprumo e desalinhamento não podem superar 10 mm, respeitando além disso o critério de 2 mm/m. E com base na altura da estrutura pronta do edifício, o desaprumo pode ser de no máximo 25 mm. Estes parâmetros são apresentados na Figura 7.



Fonte: NBR 15961-2 (2011).

2.7 ERROS EXECUTIVOS

Na etapa da execução de uma construção em alvenaria estrutural, deve-se atentar ao procedimento de elevação que é composto por diversos procedimentos, anteriormente citados, pois erros cometidos neste período da obra podem gerar patologias de diversos tipos, acarretando problemas quanto a segurança ou problemas que possam gerar incômodos aos usuários (SOUSA; CABRAL, 2014).

Porém, vale ressaltar que os problemas patológicos em obras de alvenaria estrutural não ocorrem somente pela execução de forma imprópria, ocorrem também, como por exemplo, pela aplicação de materiais inadequados ou de baixa qualidade e por falta de manutenção (REFATI, 2013).

Com relação aos erros no processo da execução, um dos pontos principais é a mão de obra que em alguns casos não é especializada tendo maior experiência com a alvenaria convencional. Em função disso, nem sempre são tomados os cuidados necessários com a construção da alvenaria estrutural, como por exemplo, com relação aos parâmetros da norma (SOUSA; CABRAL, 2014).

O uso da modulação proposta deve ser seguido corretamente no processo de execução. Caso contrário, será necessário compor novos arranjos com novos blocos refazendo todo um planejamento. Os novos blocos teriam que ser solicitados pela empresa ou, como alternativa, seriam aproveitados blocos quebrados que conseqüentemente perderiam o seu real valor de resistência (SOUSA; CABRAL, 2014).

Outro problema constatado durante a execução de obras em alvenaria estrutural, é com relação a espessura e preenchimento das juntas, desaprumo e desalinhamento, grauteamento incorreto e uso de equipamentos inadequados (ROMAN, 1999).

2.7.1 Juntas de assentamento

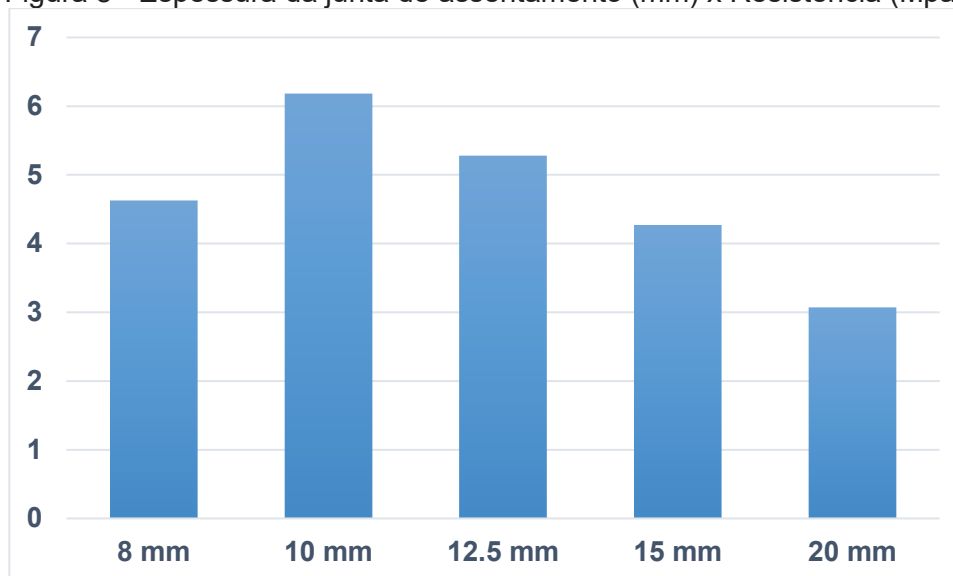
De acordo com Roman (1999), o preenchimento das juntas e as espessuras são fatores relacionados com a mão de obra. O preenchimento de juntas incompletas reduz a resistência em até 33%. O não preenchimento das juntas compromete a característica de resistência à flexão e ao cisalhamento.

De acordo com o autor, tal fato é constatado quando há a necessidade de se aumentar a produtividade da obra. Assim o processo de assentamento ocorre de modo impróprio gerando juntas grossas, incompletas ou secas.

Para Sousa e Cabral (2014), este procedimento é um dos pontos mais críticos na etapa de execução, decorrente da análise que gerou conhecimento dos erros, como: juntas sem preenchimento principalmente no caso das verticais e juntas de grande variabilidade de espessura no caso das horizontais.

Conforme Cavalcante et al (2018), a espessura ideal para se utilizar em obra é de 10 mm assim como indica a NBR 15961-2 (2011). Quando há o aumento ou diminuição da espessura ocorre a diminuição da resistência, como ilustrado no gráfico da Figura 8.

Figura 8 - Espessura da junta de assentamento (mm) x Resistência (Mpa).



Fonte: Adaptado de CAVALCANTI et al (2018).

2.7.2 Desaprumo e desalinhamento

A falta de inspeção no período da execução que causa o desaprumo e desalinhamento ocasiona excentricidades na parede, gerando a necessidade de correção com revestimentos, elevando o custo da obra (SOUSA, 2011).

Além disso, tais erros causam redução na resistência da parede, como por exemplo, se ocorrer erro na medida de 12 a 20 mm isto gerará carga excêntrica que promoverá decréscimo da resistência entre 13 a 15% (ROMAN, 1999).

Sousa e Cabral (2014) acrescentam que este erro tem relação com a execução inadequada, como a elevação da alvenaria sem o auxílio de escantilhões e nível de bolha. Complementam também, que a exigência da produtividade e manutenção da velocidade de uma construção convencional são responsáveis por muitos erros executivos.

O somatório do peso dos blocos de concreto em conjunto com a velocidade de assentamento também influencia no desaprumo e desalinhamento, isto é, quando um grande número de blocos é disposto sobre argamassa que ainda não alcançou as características previstas (ROMAN, 1999).

2.8 IMPORTÂNCIA DO CONTROLE DE OBRAS

O controle na obra, por responsável, ocorre através do conhecimento de todos os processos pertinentes das etapas de construção da alvenaria, desde o planejamento até o controle de execução.

Segundo Santos, P. e Santos, D. (2015), verificando a metodologia, identificando possíveis atividades facilitadoras e utilizando ferramentas e equipamentos qualificados, pode-se obter boas práticas de execução, que quando inseridas tendem a diminuir a incidência de retrabalhos e/ou atividades com maior demanda de tempo.

Há a importância também em se atentar a prática das técnicas construtivas, pois conforme Richter, Masuero e Formoso (2010), as empresas que não valorizam essas técnicas construtivas tiveram maiores números de patologias quando comparadas com as empresas que utilizam as técnicas.

Isto é salientado por Richer, Formoso e Masuero (2006), que destacam a relevância da gestão de obra, mas isto, apenas se houver ações que façam funcionar a aplicação eficaz da execução. Pois com o estudo realizado pelos autores, gerou-se um mapeamento de erros que mostrou que 72% deles tinham como causa falhas na execução, decorrente de múltiplos motivos.

Assim, o planejamento e controle da execução se caracterizam como elementos significativos que podem trazer benefícios, como a redução da perda de tempo, de investimento e material (COSTA; FERNANDES; [2016]).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 INTRODUÇÃO

A metodologia aplicada consistiu em uma pesquisa, realizada por meio de um estudo de caso, que teve como objetivo apresentar dados que embasaram o estudo proposto. Isto gerou um conhecimento científico, que foi pautado em sua essência como a necessidade de determinar um método baseado em procedimentos técnicos e intelectuais visando obter um conhecimento (GIL, 2008).

A seguir é apresentada uma descrição da pesquisa que abordará seus tipos, seguida da apresentação de suas etapas, caracterização do objeto de estudo de caso, forma de coleta de dados e análise visando classificar os resultados.

3.2 DESCRIÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa realizada consistiu em uma pesquisa descritiva, pois segundo Gil (2008), esta é a tipologia para métodos em que se aplica a descrição de algum fato, como em caso de coleta de dados através de técnicas pré-estabelecidas.

O delineamento da pesquisa foi caracterizado por um estudo de caso, visto que foi um método que utilizou-se da investigação de um fato através de observações decorrentes de procedimentos inseridos em seu contexto real (YIN, 2001).

A característica da investigação foi qualitativa, pois a fonte de dados foi provida do ambiente natural que foi o canteiro de obras e teve o investigador como peça essencial (BOGDAN; BIKLEN, 1994).

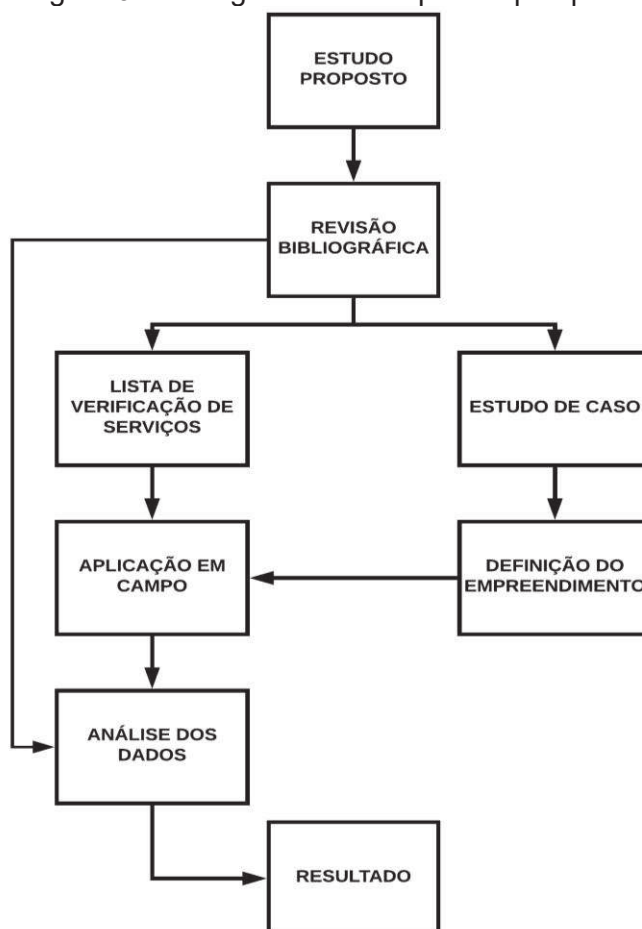
Este tipo de abordagem preza a relação direta do pesquisador com o ambiente e ressalta a importância do estudo com o processo e não somente com os resultados (GODOY, 1995).

Para análise dos dados investigados utilizou-se o método estatístico, que apresentou a probabilidade de acerto de determinada conclusão evidenciando dados de ordem quantitativa. Além de ter sido um método que causou consideráveis interpretações para os estudos pautados na observação (GIL, 2008).

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

As etapas contidas no estudo proposto foram caracterizadas conforme o fluxograma da Figura 9.

Figura 9 - Fluxograma das etapas de pesquisa.



Fonte: Autor (2018).

Visando a execução da pesquisa, após a realização da revisão bibliográfica que englobou as particularidades do estudo, usou-se como ferramenta para obter os dados uma lista de verificação dos serviços executivos realizados em obra.

Para isto, foi fundamental a realização de um estudo de caso em uma obra de alvenaria estrutural. Assim, houve a definição do empreendimento e, seguidamente, a aplicação da lista de verificação dos procedimentos com a intenção de criar um banco de dados que, posteriormente, foram analisados gerando os resultados do estudo.

3.4 OBRA DO ESTUDO DE CASO

O estudo de caso aconteceu em uma obra de alvenaria estrutural, situada na cidade de Cascavel – PR que foi desenvolvida com a finalidade habitacional.

O empreendimento consiste em um residencial composto por cinco blocos, com sete pavimentos em cada bloco. Cada pavimento possui em sua planta a distribuição de oito apartamentos, com três plantas baixas diferentes e área de 516,8 m² por andar.

A obra, no início da investigação estava em processo de execução e possuía três blocos finalizados e entregues para comercialização. Assim, o levantamento dos dados ocorreu nos dois blocos restantes.

3.5 COLETA DE DADOS

Os processos que compuseram essa etapa foram baseados na definição das ferramentas e nos fatores que envolvem a aplicação da coleta de dados.

3.5.1 Instrumento para coleta de dados

Conforme já estabelecido, o método foi composto por um estudo de caso que teve como ferramenta a observação. A observação é dotada como uma técnica para coleta de dados que utiliza os sentidos da visão para obter conhecimentos, tornando-se um método de investigação. A vantagem é que os fatos são analisados de modo direto e dentro do contexto de estudo. No entanto, em contradição, caso o investigador for percebido no meio pode ocorrer alteração na espontaneidade dos observados, gerando influência nos dados obtidos (GIL, 2008).

Diante disso, a proposta empregada na coleta de dados foi de não evidenciar o real propósito do investigador na obra, isto é, não foram informados aos executores da alvenaria estrutural que eles estavam passando por um processo de observação, com a intenção de verificar suas tarefas.

A metodologia da coleta de dados teve como base a aplicação de uma lista de verificação de serviços desenvolvida por Santos, Chaves e Bressiani (2013). A lista desenvolvida pelos referidos autores foi revisada por dois instrutores de cursos em alvenaria estrutural, dois profissionais da área de alvenaria estrutural e um consultor

da parte de execução. Desta forma, a lista apresentada no Anexo A, no Anexo B e no Anexo C, foi definida com base em uma seleção de atividades e nos procedimentos da NBR 15961-2 (2011), que tem embasamento na execução e controle de obras.

As atividades da lista são compostas por procedimentos que caracterizam o início e o final da construção da alvenaria de um pavimento, sendo atividades distribuídas entre os serviços preliminares, marcação e elevação da alvenaria estrutural. Vale ressaltar que esta lista, não contém o processo de verificação de serviços complementares, como: instalações elétricas ou instalações hidráulicas.

Conforme dito, a lista de verificação de serviço contemplou itens da construção da alvenaria estrutural, sendo mais precisamente composto por processos que envolveram:

- Disponibilidade de projetos, equipamentos e materiais, como descritos no Quadro 1.

Quadro 1 - Serviços preliminares.

1	Serviços preliminares
1.1	Efetuar a limpeza da superfície de assentamento.
1.2	Verificar se os projetos da alvenaria e complementares estão no local.
1.3	Verificar a disposição dos paletes de blocos para a primeira fiada, mantendo livre os eixos de assentamento.
1.4	Verificar a disponibilidade de equipamentos.
1.5	Providenciar argamassa.
1.6	Separar os tipos de blocos para início da alvenaria conforme o projeto.

Fonte: Santos, Chaves, Bressiani (2013).

- Locação da alvenaria, quanto a marcação dos eixos de referência na laje (Quadro 2).

Quadro 2 - Serviço de marcação.

2	Marcação
2.1	Conferir as medidas da laje, seu esquadro e nivelamento.
2.2	Transferir os eixos de referência do pavimento.
2.3	Localizar o ponto mais alto da laje e assentar um bloco com menor espessura de argamassa possível (mínimo 5 mm e máximo 10mm).
2.4	Assentar os blocos estratégicos (blocos de canto, de encontro de paredes e blocos determinantes das aberturas de portas).

2	Marcação
2.5	Nivelar os blocos estratégicos.
2.6	Distribuir os demais blocos entre os blocos estratégicos e verificar o nivelamento da primeira fiada.
2.7	Posicionar e fixar os escantilhões.

Fonte: Santos, Chaves, Bressiani (2013).

- Elevação da alvenaria, quanto a alinhamento e prumo; assentamento dos blocos, analisando o preenchimento das juntas; grauteamento, verificando sua execução, conforme as atividades descritas no Quadro 3.

Quadro 3 - Serviço de elevação.

3	Elevação
3.1	Realizar o assentamento verificando o alinhamento, prumo e planicidade.
3.2	Efetuar os ajustes necessários para dar o alinhamento, nivelamento e prumo de cada bloco até sua posição definitiva.
3.3	Efetuar o preenchimento e uniformização das juntas.
3.4	Efetuar a limpeza garantindo a ausência de rebarbas.
3.5	Assentar cada fiada com o auxílio de fios flexíveis estirados horizontal e paralelamente ao plano da parede.
3.6	Aplicar a argamassa em quantidade que corresponda a um tempo de colocação dos blocos inferior ao início da pega ou perda da trabalhabilidade (no máximo 2h30min).
3.7	Aplicar a argamassa para formação da junta horizontal e vertical (somente nas paredes longitudinais ou nas paredes longitudinais e transversais do bloco, conforme especificado no projeto).
3.8	Assentar de forma que as juntas verticais e horizontais tenham espessura de $10\text{mm} \pm 3\text{ mm}$.
3.9	Umedecer a superfície de assentamento dos blocos com brocha de pintor, alguns minutos antes da aplicação da argamassa, em dias muito quentes, secos e com ventos.
3.10	Assentar os blocos de forma que a argamassa não avance no interior dos vazios do bloco mais que 1cm, deixando livre o espaço destinado ao enchimento com graute e garantir melhor impermeabilidade da junta.
3.11	Executar furos de dimensões mínimas de 7,5 cm de largura por 10 cm de altura ao pé de cada vazio a grautear.
3.12	Retirar todo material estranho presente no fundo dos vazios verticais.
3.13	Remover os excessos de argamassa que ficam salientes no interior dos vazios verticais ou canaletas.
3.14	Posicionar os blocos com pontos de elétrica.
3.15	Posicionar barras de aço do grauteamento.

3	Elevação
3.16	Executar as fiadas até meia-altura ou altura do peitoril.
3.17	Assentar os blocos canaletas para execução das vergas e contravergas, avançando no mínimo 30 cm para cada lado da abertura.
3.18	Efetuar o preenchimento das posições grauteadas do primeiro lance.
3.19	Saturar os vazios verticais ou canaletas para evitar excessiva absorção da água do graute, imediatamente antes de iniciar-se o grauteamento.
3.20	Colocar a armadura vertical ou horizontal de modo a obedecer às prescrições de projeto, evitando a possibilidade de alterações no posicionamento durante o grauteamento, mediante o uso de dispositivos posicionadores.
3.21	Efetuar a emenda da armadura vertical com transpasse mínimo de 50cm
3.22	Efetuar a montagem dos andaimes ou cavaletes.
3.23	Efetuar o grauteamento da segunda metade das paredes.
3.24	Efetuar o lançamento do graute no mínimo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas.
3.25	Efetuar o lançamento do graute através de altura máxima de 2,8 m com uso de adensamento manual ou mecânico e 1,6 m sem adensamento e com obrigatoriedade de existência de furos de visita ao pé de cada trecho a grautear.
3.26	Efetuar o lançamento do graute no máximo 30 minutos após o lançamento da camada anterior.
3.27	Executar a cinta de respaldo (canaleta ou jota).

Fonte: Santos, Chaves, Bressiani (2013).

Todos esses processos foram avaliados com a observação direta do investigador. No entanto, em alguns procedimentos foi necessário conferir a execução conforme as tolerâncias numéricas definidas pela NBR 15961-2 (2011). Diante disso, foi fundamental o uso de algumas ferramentas, como: prumo e fita métrica.

Durante a verificação dos procedimentos de execução obteve-se duas diferentes categorias de funcionários, as quais acarretaram em diferentes preenchimentos das listas e em diferentes análises de frequência de execução.

Tais categorias são provenientes da destinação de funções dos funcionários, no qual foram divididos em funcionários responsáveis pelo assentamento em geral dos blocos e em funcionários responsáveis pelo grauteamento dos blocos.

Quanto aos funcionários encarregados pelo assentamento dos blocos, durante todo o período de análise apenas dois funcionários mantiveram-se executando a elevação da alvenaria. E sobre os procedimentos que envolvem o grauteamento dos blocos, esta não é uma etapa atribuída aos funcionários que

executam o assentamento dos blocos. Assim, as atividades de grauteamento das paredes foi executada por outro funcionário.

3.5.2 Levantamento de dados

Dispondo da técnica de pesquisa de observação direta, o levantamento de dados ocorreu através das listas de verificações de serviços. Houve um conjunto de listas idênticas que foram aplicadas a todos os funcionários que estiveram executando a elevação. Assim, foi possível averiguar de modo individual e geral todo processo.

A lista 01 (Anexo A) referente aos serviços preliminares foi usada uma vez para cada funcionário por elevação de pavimento, visto que esta etapa só ocorreu em processos antecedentes a elevação.

Assim como a lista 01, a lista 02 (Anexo B) sobre os processos de marcação também só foi usada uma vez para cada funcionário por elevação de pavimento, pois a marcação só acontecia no início da elevação da alvenaria.

Já a lista 03 (Anexo C) com base nos métodos executivos de elevação da alvenaria, foi aplicada em média quatro vezes por elevação ou em todos os dias de visita do investigador a obra que coincidia com a elevação.

O método de análise da execução na obra, que foi determinante no preenchimento das listas de verificações de serviços, foi baseado na escala Likert de cinco pontos, segundo os seguintes critérios:

- Sempre: quando o funcionário realizou 100% do procedimento.
- Quase sempre: quando o funcionário realizou entre 66,66 e 100% do procedimento.
- Muitas vezes: quando o funcionário realizou entre 33,33 e 66,66% do procedimento.
- Raramente: quando o funcionário realizou entre 0 e 33,33% do procedimento.
- Nunca: quando o funcionário não realizou o procedimento em nenhuma das observações.

O período relacionado a coleta de dados foi de três meses, ou seja, até o término da execução da alvenaria da obra selecionada para o estudo de caso.

Os critérios de dias, horários e duração das observações foram aleatórios e da seguinte maneira:

- Os dias foram entre dois a três durante a semana, sendo em dias alternados.
- Os horários das observações foram alternados conforme andamento da elevação.
- As durações das observações tiveram em média uma hora e meia ou enquanto foi pertinente a presença do investigador para melhor coleta de dados de algum processo.

3.6 ANÁLISE DOS RESULTADOS

As variáveis pesquisadas foram classificadas como qualitativas ordinais e referem-se aos procedimentos de execução da alvenaria de acordo com a NBR 15961-2 (2011).

3.6.1 Tratamento de dados

A primeira abordagem ao tratamento dos dados qualitativos ordinais foi proceder à quantificação das suas categorias, ou seja, à atribuição de valores numéricos a estas, permitindo assim dispor de dados quantitativos.

Neste trabalho foi abordado o método de quantificação das categorias nomeado “Números inteiros ordenados” (AGRESTI, 2010) que consiste em atribuir arbitrariamente números inteiros ordenados às categorias. Assim, a lista de verificação de serviço foi classificada como apresentado no Quadro 4.

Quadro 4 - Quantificação das categorias "números inteiros ordenados".

Questão	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
1.1 – 3.28	1	2	3	4	5

Fonte: Autor (2018).

As quantificações obtidas foram analisadas utilizando a técnica de estatística multivariada Análise de Correspondência (AC).

3.6.2 Análise de Correspondência

A Análise de Correspondência tem por objetivo estudar simultaneamente todas as variáveis categóricas num conjunto de dados e a similaridade entre categorias de uma mesma variável e entre categorias de diferentes variáveis. Desta forma, a AC descreve as relações entre as categorias de variáveis qualitativas num espaço de menor dimensão de forma a identificar nesta dimensão a existência de padrões subjacentes (MINGOTI, 2005; FERREIRA, 2011).

Nesse trabalho, especificamente, foi considerado a Análise das Correspondências Simples, desenvolvida para conseguir a ordenação das categorias encontrada nas variáveis ordinais, obtida por meio da quantificação de números inteiros ordenados (MINGOTI, 2005; FERREIRA, 2011; LATTIN et al., 2011).

Para avaliar a interdependência entre as variáveis aplicou-se o Teste Qui-quadrado (χ^2_{cal}) que examina se a informação contida nas linhas da tabela é independente ou não da informação contida nas colunas (Equação 1). O Teste é expresso por:

$$X^2_{cal} = n \cdot \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \frac{(p_{ij} - p_i p_j)^2}{p_i p_j} \quad (1)$$

Se $X^2_{cal} > X^2_{(a-1)(b-1),\alpha}$ rejeita-se a hipótese de que não há associação entre variáveis.

Sendo o teste de hipótese significativo, o passo seguinte é construir a Tabela de Correspondência. Esta apresenta a proporção $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}$, indicando a relação entre o total de classificados na categoria i de A (norma avaliada) e j de B (frequência de execução na obra). Além disso, a Tabela de correspondência armazena a proporção de ocorrências pertencentes à categoria i da variável A em relação ao total (centroide ou probabilidade marginal) e armazena a proporção de ocorrências pertencentes a categoria j da variável B em relação ao total (centroide ou probabilidade marginal). A Tabela 1 representa o modelo de distribuição das proporções das variáveis.

Tabela 1 - Representação da tabela de correspondência.

		Colunas(Variável B)		Total Linhas
		2	.	
Linhas (variável A)	1	p_{12}	.	$p_{1.}$
	2	p_{22}	.	$p_{2.}$

	a	p_{a2}	.	$p_{a.}$
Total Colunas		$p_{.2}$.	$p_{..}$

Fonte: Autor (2018).

A partir da Tabela 1 foi possível gerar as matrizes de correspondência, de perfil de linhas e de perfil de colunas. A matriz de correspondência é a matriz P de dimensão $(a \times b)$ constituída das proporções $p_{ij} = \frac{n_{ij}}{n}$. Assim, tem-se que a matriz de correspondência P armazena a proporção de ocorrências, em relação ao total, classificados na categoria i da variável A e na categoria j variável B.

A matriz de perfil das linhas é a matriz diagonal, denotada por D_r , cujos elementos diagonais são iguais a $r = (p_{1.} \dots p_{a.})'$. Ou seja, o vetor r , chamado de vetor coluna, armazena a proporção de ocorrências pertencentes a categoria i da variável A (norma avaliada), em relação ao total (centróide ou probabilidade marginal) e será dada por $p_i = \frac{n_i}{n}$, onde $r = (p_{1.} \dots p_{a.})'$. O vetor r irá compor a matriz de perfil das linhas.

Já a matriz de perfil das colunas é a matriz diagonal, denotada por D_c , cujos elementos diagonais são iguais a $c = (p_{.1} \dots p_{.b})'$. Ou seja, o vetor c , chamado de vetor linha, armazena a proporção de ocorrências pertencentes a categoria j da variável B (frequência de execução na obra), em relação ao total (centroide ou probabilidade marginal), e será dada por $p_j = \frac{n_j}{n}$, onde $c = (p_{.1} \dots p_{.b})'$. O vetor c irá compor a matriz perfil das colunas.

Definida a matriz de correspondência P , de perfil de linha r e de coluna c realizou-se a decomposição em coordenadas principais. Segundo Mingoti (2005), a matriz $\tilde{P} = P - r.c'$, é a matriz de entrada do tipo $(p_{ij} - \frac{n_i.n_j}{n.n})$. Ou seja, os termos

representam uma comparação da proporção observada no interior das casela da tabela, com aquela esperada sob um modelo no qual as variáveis X e Y são independentes.

O posto (rank) da matriz \tilde{P}_{pxq} é dado por $k = \min(p - 1, q - 1)$.

Assim, foi possível decompor a matriz \tilde{P}_{pxq} (Equação 2) em seus autovalores e autovetores, ou seja, fazer a decomposição em seus valores singulares, obtendo:

$$\tilde{P}_{pxq} = A\Lambda B' \quad (2)$$

Onde $A = D_r^{1/2} \cdot U_{pxk}$ é uma matriz de dimensão $p \times k$ e $B = D_c^{1/2} \cdot V_{q \times k}$ é uma matriz de dimensão $q \times k$, sendo U e V matrizes ortogonais; Λ é a matriz de dimensão $k \times k$, contendo os autovalores da matriz \tilde{P} ordenados em ordem decrescente.

A matriz U contém os autovetores da matriz $\tilde{P}\tilde{P}'$ e matriz V contém os autovetores da matriz $\tilde{P}'\tilde{P}$. Como consequência tem-se que as linhas da matriz \tilde{P} podem ser escritas como combinações lineares das linhas da matriz B' , e as colunas da matriz \tilde{P} podem ser escritas como combinações lineares das colunas da matriz A , definindo assim as coordenadas principais das linhas e das colunas como $Y_{pxk} = D_r^{-1} \cdot A_{pxk} \Lambda_{kxk}$ e $Z_{pxk} = D_c^{-1} \cdot B_{q \times k} \Lambda_{kxk}$, respectivamente.

Da decomposição acima, a matriz \tilde{P} pode ser expressa como função dos autovalores e das coordenadas principais, isto é, $\tilde{P} = P - r \cdot c' = \sum_{i=1}^k \hat{\lambda}_i \tilde{a}_i \tilde{b}_i'$ onde \tilde{a}_i denota a i -ésima coluna da matriz A e \tilde{b}_i denota a i -ésima coluna da matriz B , sendo $k = \text{posto}(P) = \min(p - 1, q - 1)$, ou seja, o número máximo de dimensões que pode ser estimado é um a menos que o menor número entre a quantia de linhas ou e colunas.

As duas primeiras coordenadas principais das linhas e das colunas são as mais representativas em termos da associação total existente entre as variáveis X e Y , pois estão relacionadas aos maiores autovalores da matriz \tilde{P} .

A variação total existente nesse sistema, chamada também de inércia total, é dada por: $\sum_{i=1}^k \lambda_i^2$, onde λ_i são os autovalores não nulos da diagonal da matriz Λ , $i = 1, 2, \dots, k$. Assim, a proporção de explicação da i -ésima coordenada principal em relação à inércia total é dada pela Equação 3:

$$\frac{\lambda_i^2}{\sum_{i=1}^k \lambda_i^2} \quad (3)$$

Tomando como base a decomposição do valor singular da matriz retangular (tabela de contingência adaptada) é possível representar graficamente as linhas e as colunas desta tabela como pontos em espaços vetoriais de pequena dimensão. Assim, foi construído o “mapa perceptual” para representação das similaridades entre as variáveis. Optou-se por representação bidimensional utilizando o princípio de parcimônia. Com o gráfico produzido pode-se avaliar se as variáveis de interesse se afastam do pressuposto de independência, sugerindo possíveis associações. Os níveis das variáveis de linha e de coluna assumiram posições nos gráficos de acordo com a associação ou similaridade entre elas.

A análise dos dados foi realizada com o auxílio do *software* R (R Core Team 2017) e o pacote auxiliar *FactoMineR* (LÊ *et al.*, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a realização da investigação da execução no canteiro de obra de alvenaria estrutural, obteve-se os dados dos procedimentos de execução, da frequência da execução e das características das alvenarias assentadas que são apresentadas a seguir.

4.1 PROCEDIMENTOS DE EXECUÇÃO

A lista de verificação de serviços pré-definida é composta por diversas atividades que foram devidamente avaliadas no decorrer do período de análise. Foi constatado que algumas das atividades acabaram não sendo executadas conforme previsto e que em outros casos a frequência de execução foi rara. Para investigar as relações de dependência e similaridade entre as variáveis (atividades executadas) e a frequência de execução, aplicou-se as técnicas multivariadas dentro de suas respectivas etapas de verificação.

4.1.1 Serviços preliminares

Na etapa composta pelas atividades referentes aos serviços preliminares todos os itens foram executados na obra. Verifica-se pela Tabela 2 que o serviço de verificar se os projetos da alvenaria e complementares estão no local totaliza 40% da frequência de nunca ou raramente executados. O serviço de efetuar a limpeza do local apresentou um índice mediano de execução variando de 10% (muitas vezes) a 40% (quase sempre). Os demais itens quase sempre ou sempre são executados.

Tabela 2 - Distribuição de frequência (%) dos serviços executados na fase preliminar da obra relacionado a frequência de execução.

Atividade avaliada	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
1.1. Efetuar a limpeza da superfície de assentamento	0	0	10	40	50
1.2. Verificar se os projetos da alvenaria e complementares estão no local	30	10	0	0	60
1.3. Verificar a disposição dos paletes de blocos para a primeira fiada, mantendo livre os eixos de assentamento	0	0	0	30	70
1.4. Verificar a disponibilidade de equipamentos	10	0	0	60	30

Atividade avaliada	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
1.5. Providenciar argamassa	0	0	0	0	100
1.6. Separar os tipos de blocos para início da alvenaria conforme o projeto	0	0	0	10	90

Fonte: Autor (2018).

Para avaliar a associação entre as variáveis relacionadas à fase preliminar da obra e a frequência de execução, foi aplicado o teste Qui-Quadrado. Observou-se forte associação entre as variáveis ao nível de 5% de significância, sendo que o valor do Qui-Quadrado, com 20 graus de liberdade, foi de $X^2_{cal} = 38,57 > X^2_{tab} = 10,85$, validando a aplicação da AC.

A partir da matriz de correspondência, de perfil de linhas e de perfil de colunas, calculou-se as coordenadas principais das linhas e colunas e a variação total existente entre as variáveis (inércia total). Os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Inércia associada as 4 dimensões.

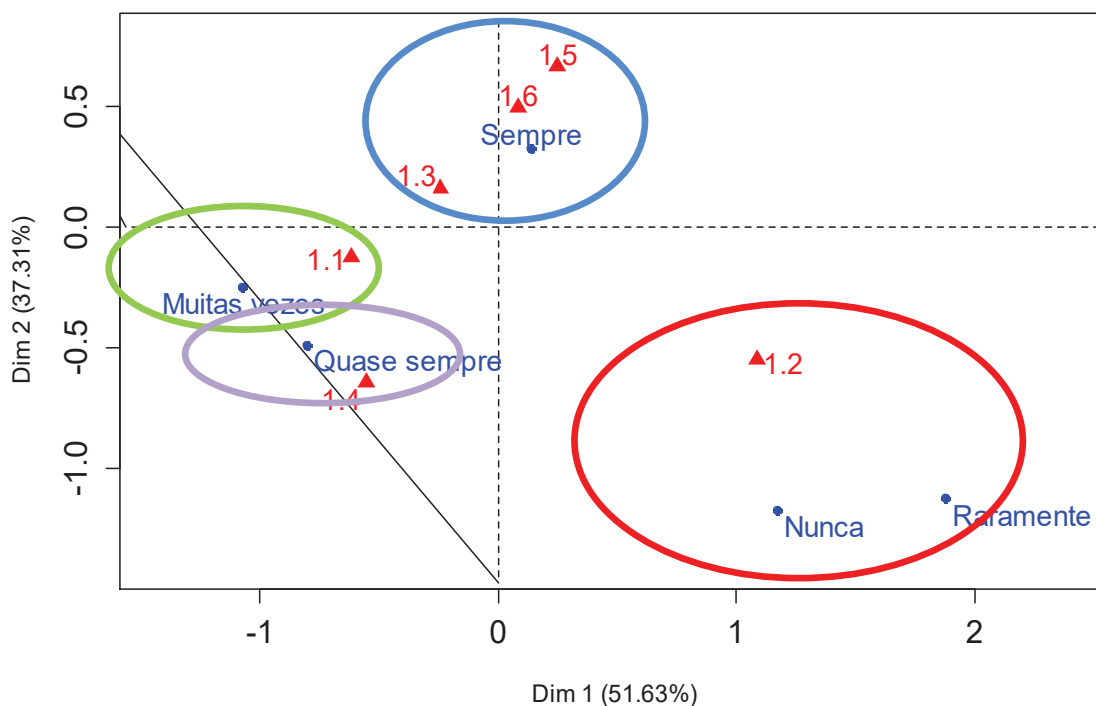
Dimensão	Inércia	Varição explicada (%)	Varição acumulada explicada (%)
1	0,332	51,63	51,63
2	0,242	37,31	88,94
3	0,070	10,88	99,82
4	0,001	0,18	100,00

Fonte: Autor (2018).

Verifica-se que a dimensão 1, ou seja, a primeira coordenada, representa 51,63% da inércia, e a segunda coordenada (dimensão 2) 37,31%. Ou seja, as duas primeiras dimensões conseguem descrever a associação entre as variáveis com uma variação acumulada de explicação de 88,94%. Assim, optou-se por trabalhar com uma representação do “mapa perceptual” bidimensional, associando o serviço executado na fase preliminar e a frequência de execução.

Analisando a Figura 10, verifica-se que os itens 1.3, 1.5 e 1.6 estão associados a categoria de sempre executados. Já os itens 1.1 muitas vezes executados, 1.4 quase sempre e 1.2 com maior dispersão se agrupando a raramente ou nunca executado.

Figura 10 - Serviço preliminar x Frequência de execução.



Fonte: Autor (2018).

Vale destacar que o item 1.2, que se refere a “verificar se os projetos da alvenaria e complementares estão no local” representou a pior situação analisada, referente aos serviços preliminares. Porém, isso pode ser justificado pelo fato de os funcionários estarem executando um serviço que já havia sido repetido várias vezes, ou seja, vários pavimentos iguais, não consultando o projeto com tanta frequência.

4.1.2 Marcação

Ao contrário da etapa anterior, nas atividades que contemplam a marcação, alguns dos itens não foram executados ou tiveram frequência mínima de execução. Verifica-se pela Tabela 4 que os serviços de localizar o ponto mais alto da laje e assentar um bloco com menor espessura de argamassa possível (2.3) e posicionar e fixar os escantilhões (2.7) nunca foram executados. Nota-se grande variabilidade no item conferir as medidas da laje, seu esquadro e nivelamento. Essas situações mais críticas são destacadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Distribuição de frequência relativa (%) dos serviços de marcação da obra relacionado a frequência de execução.

Atividade avaliada	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
2.1. Conferir as medidas da laje, seu esquadro e nivelamento	20,00	30,00	40,00	10,00	0
2.2. Transferir os eixos de referência do pavimento	0,00	0,00	0,00	10,00	90,00
2.3. Localizar o ponto mais alto da laje e assentar um bloco com menor espessura de argamassa possível (mínimo 5 mm e máximo 10mm)	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.4. Assentar os blocos estratégicos (blocos de canto, de encontro de paredes e blocos determinantes das aberturas de portas)	0,00	0,00	0,00	20,00	80,00
2.5. Nivelar os blocos estratégicos	0,00	0,00	10,00	60,00	30,00
2.6. Distribuir os demais blocos entre os blocos estratégicos e verificar o nivelamento da primeira fiada	0,00	0,00	10,00	90,00	0,00
2.7. Posicionar e fixar os escantilhões	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fonte: Autor (2018).

Com o teste do Qui-Quadrado observou-se forte associação entre as variáveis ao nível de 5% de significância, sendo que o valor do Qui-Quadrado, com 24 graus de liberdade, foi de $X_{cal}^2 = 136,12 > X_{tab}^2 = 13,85$, validando a aplicação da AC.

A variação total existente entre as variáveis (inércia total) encontra-se na Tabela 5. Verifica-se que as duas primeiras dimensões conseguem descrever a associação entre as variáveis com uma variação acumulada de explicação de 79,05%, sendo a primeira coordenada com 47,75% da inércia, e a segunda coordenada 31,30%.

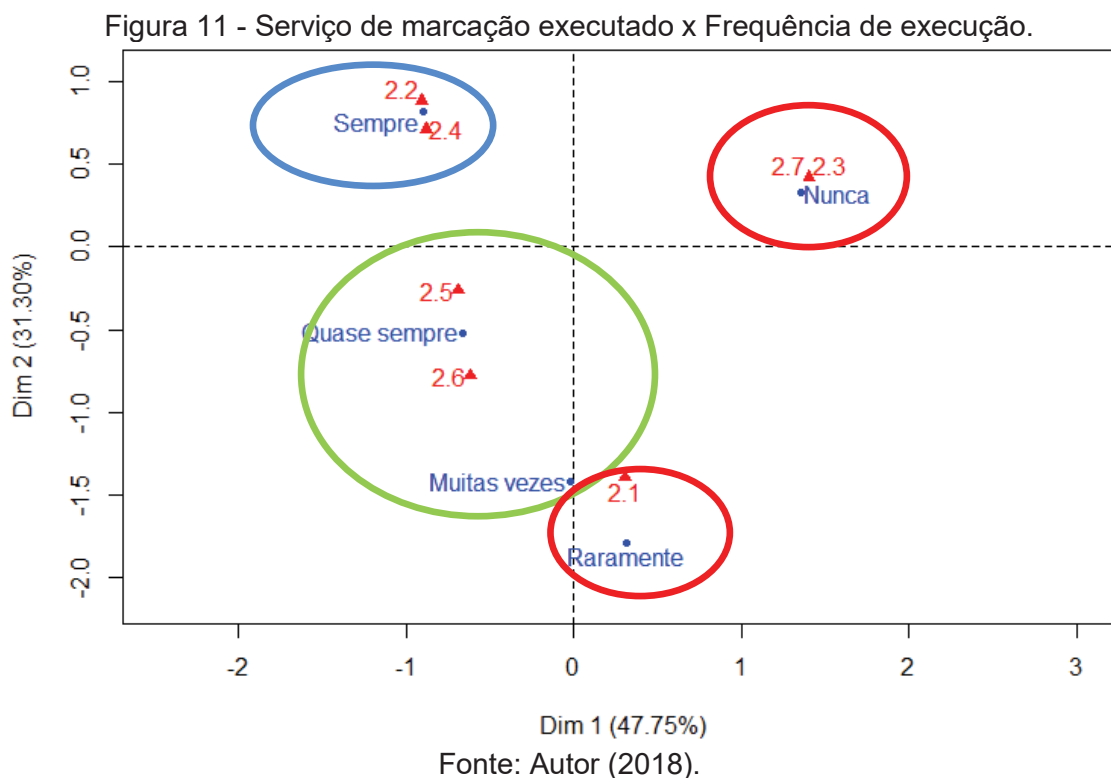
Tabela 5 - Inércia associada as 4 dimensões.

Dimensão	Inércia	Variação explicada (%)	Variação acumulada explicada (%)
1	0,929	47,75	47,75
2	0,609	31,30	79,05
3	0,406	20,89	99,94
4	0,001	0,06	100,00

Fonte: Autor (2018).

O “mapa perceptual” bidimensional, associando o serviço executado durante a marcação e a frequência de execução encontra-se na Figura 11. Verifica-se que os itens 2.2 e 2.4 estão associados a categoria de sempre executados. Já os itens 2.7 e

2.3 nunca são executados e o item 2.1 raramente executado, como destacado anteriormente.



O item 2.3 contempla em localizar o ponto mais alto da laje e assentar um bloco com menor espessura de argamassa possível. A técnica utilizada na obra consistia apenas em assentar os blocos estratégicos com o auxílio dos fios de referência. Em dias de tempo chuvoso notava-se em algumas regiões das lajes poças d'água, como a evidenciada na Figura 12, demonstrando a existência de desníveis.

O fato de não se investigar o desnível da laje pode acarretar em algumas consequências no decorrer do assentamento dos blocos, como por exemplo, haver juntas horizontais fora dos limites pré-estabelecidos pela NBR 15961-2 (2011) nas camadas subsequentes da primeira fiada.

A NBR 15961-2 (2011) já estabelece a possibilidade de executar juntas horizontais na primeira fiada mais espessas, de no máximo 20 mm, visando contornar tais situações. Além disso, especifica que em caso de necessidade de um nivelamento maior, deve ser utilizado material de mesma resistência da laje.

Figura 12 - Desnível da laje.



Fonte: Autor (2018).

O item 2.7, posicionar e fixar os escantilhões, como citado, nunca foi executado durante toda a análise em canteiro de obra. O método de execução que envolve o uso do equipamento, segundo Manzione (2004) é usado com a finalidade de se nivelar e assentar os blocos de concreto garantindo seu prumo. Deste modo, seu uso auxilia em quesitos do plano de elevação especificado e no prumo, amparando os quesitos de aceitação definidos pela NBR 15961-2 (2011).

No entanto, a norma NBR 15961-2 (2011) redigida acerca da execução e controle de obras não cita a necessidade do uso deste equipamento, tornando-o facultativo em obra.

4.1.3 Elevação da alvenaria

A Tabela 6 apresenta a frequência de execução dos serviços da elevação da alvenaria, onde são destacadas as situações mais críticas com relação a frequência de execução.

Tabela 6 - Distribuição de frequência relativa (%) dos serviços de elevação da obra relacionado a frequência de execução dos funcionários principais.

Atividade avaliada	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
3.1. Realizar o assentamento verificando o alinhamento, prumo e planicidade	0,00	6,82	31,82	61,36	0,00
3.2. Efetuar os ajustes necessários para dar o alinhamento, nivelamento e prumo de cada bloco até sua posição definitiva	0,00	0,00	11,36	77,27	11,36
3.3. Efetuar o preenchimento e uniformização das juntas	0,00	0,00	4,55	93,18	2,27
3.4. Efetuar a limpeza garantindo a ausência de rebarbas	0,00	0,00	18,18	31,82	50,00
3.5. Assentar cada fiada com o auxílio de fios flexíveis estirados horizontal e paralelamente ao plano da parede.	2,27	4,55	36,36	20,45	36,36
3.6. Aplicar a argamassa em quantidade que corresponda a um tempo de colocação dos blocos inferior ao início da pega ou perda da trabalhabilidade (no máximo 2h30min)	0,00	0,00	0,00	6,82	93,18
3.7. Aplicar a argamassa para formação da junta horizontal e vertical (somente nas paredes longitudinais ou nas paredes longitudinais e transversais do bloco, conforme especificado no projeto.)	0,00	36,36	31,82	20,45	11,36
3.8. Assentar de forma que as juntas verticais e horizontais tenham espessura de 10mm ± 3 mm	0,00	0,00	20,45	79,55	0,00
3.9. Umedecer a superfície de assentamento dos blocos com brocha de pintor, alguns minutos antes da aplicação da argamassa, em dias muito quentes, secos e com ventos.	100	0,00	0,00	0,00	0,00
3.10. Assentar os blocos de forma que a argamassa não avance no interior dos vazios do bloco mais que 1cm, deixando livre o espaço destinado ao enchimento com graute e garantir melhor impermeabilidade da junta	0,00	8,82	88,24	2,94	0,00
3.11. Executar furos de dimensões mínimas de 7,5 cm de largura por 10 cm de altura ao pé de cada vazio a grautear	9,09	0,00	36,36	36,36	18,18
3.14. Posicionar os blocos com pontos de elétrica	4,35	0,00	0,00	0,00	95,65
3.16. Executar as fiadas até meia-altura ou altura do peitoril	0,00	0,00	0,00	35,29	64,71
3.17. Assentar os blocos canaletas para execução das vergas e contravergas, avançando no mínimo 30 cm para cada lado da abertura.	0,00	5,26	10,53	42,11	42,11
3.22 Efetuar a montagem dos andaimes ou cavaletes	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
3.27 Executar a cinta de respaldo (canaleta ou jota)	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00

Fonte: Autor (2018).

Observou-se forte associação entre as variáveis ao nível de 5% de significância, sendo que o valor do Qui-Quadrado, com 60 graus de liberdade, foi de $X_{cal}^2 = 1004,04 > X_{tab}^2 = 43,19$, validando a aplicação da AC. Verifica-se que a dimensão 1, ou seja a primeira coordenada, representa 45,34% da inércia, e a segunda coordenada (dimensão 2) 29,32% (Tabela 7), descrevendo a associação entre as variáveis com uma variação acumulada de explicação de 74,66%.

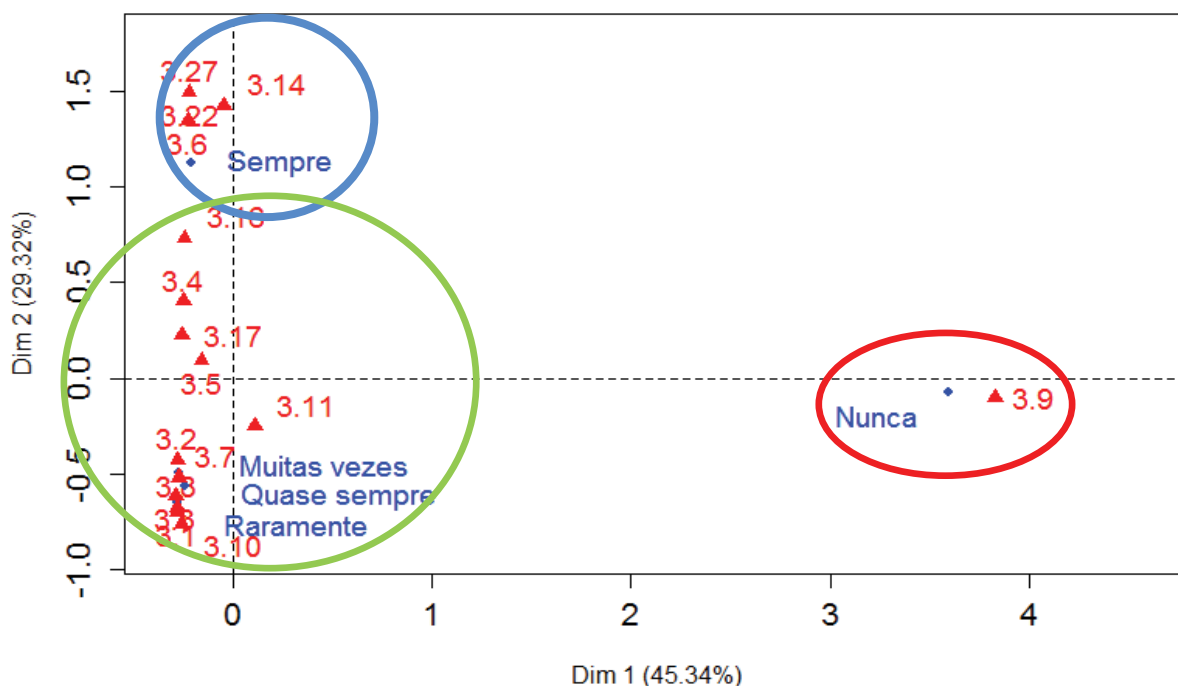
Tabela 7 - Inércia associada as 4 dimensões.

Dimensão	Inércia	Variação explicada (%)	Variação acumulada explicada (%)
1	0,879	45,34	45,34
2	0,568	29,32	74,66
3	0,353	18,19	92,85
4	0,138	7,15	100,00

Fonte: Autor (2018).

A Figura 13 apresenta o “mapa perceptual” bidimensional, associando o serviço executado durante a elevação e a frequência de execução.

Figura 13 - Serviço de elevação executado pelos funcionários principais da obra x Frequência de execução.



Fonte: Autor (2018).

Analisando as associações apresentadas na Figura 13, verifica-se a associação das atividades em três categorias.

A única atividade associada com a categoria nunca realizada foi a 3.9, que se refere a "*Umedecer a superfície de assentamento dos blocos com brocha de pintor, alguns minutos antes da aplicação da argamassa, em dias muito quentes, secos e com ventos*"

A prática de umedecer a superfície de assentamento dos blocos com brocha de pintor, alguns minutos antes da aplicação da argamassa, em dias muito quentes, secos e com ventos, nunca foi vista durante todo o período de análise de execução.

Esta prática de umedecer a superfície dos blocos tem relação com a característica de absorção de água inicial, que refere-se a quanto de água é absorvida pelas capilaridades dos blocos logo após a adição de água. Assim, a falta da aplicação da água na superfície de um bloco pode acarretar absorção rápida da água da argamassa por parte do bloco, o que não permitirá uma completa hidratação do cimento além de potencialmente diminuir a resistência de compressão e a aderência (PARSEKIAN E SOARES, 2010 e ROMAN, 1999).

Por meio da análise da Figura 13 é possível perceber que várias atividades foram associadas com as categorias quase sempre, muitas vezes e raramente, como discutidas a seguir.

4.1.3.1 *Atividade 3.16: Executar as fiadas até meia-altura ou altura do peitoril*

Quanto à execução da elevação dos blocos de concreto até meia-altura, esta atividade apresentou variação na distribuição de frequência relativa dos serviços de elevação entre “quase sempre” e “sempre”, alcançando frequência de execução de “quase sempre”.

A meia-altura usual no canteiro de obra era composta pelo somatório de nove fiadas de blocos de concreto (Figura 14), sendo a altura limite usada para o assentamento dos blocos sem o uso de andaimes.

Figura 14 - Parede em meia-altura.



Fonte: Autor (2018).

A frequente realização do assentamento das paredes até meia-altura mostrou uma boa execução da mão de obra e o cuidado no número de assentamento de fiadas. Segundo Roman (1999), se ocorrer o assentamento de excessivas fiadas em um curto período de tempo pode-se gerar algumas deformações, pois a argamassa de assentamento durante este intervalo de tempo pode não ter assumido a resistência à compressão necessária.

4.1.3.2 *Atividade 3.4: Efetuar a limpeza garantindo a ausência de rebarbas*

A atividade de limpeza dos blocos de concreto assentados com a finalidade de remover rebarbas de argamassa variou entre “muitas vezes” e “sempre” na distribuição de frequência relativa (%), obtendo classificação em “quase sempre” pela análise da frequência de execução.

Os funcionários responsáveis pela elevação da alvenaria possuíam o costume de remover o excesso de argamassa com o auxílio da colher de pedreiro durante o assentamento. No término de uma parede assentada os funcionários realizavam a retirada de rebarbas ainda presentes com o uso de placas de isopor.

4.1.3.3 Atividade 3.17: Assentar os blocos canaletas para execução das vergas e contravergas, avançando no mínimo 30 cm para cada lado da abertura.

O assentamento dos blocos do tipo canaleta nas vergas e contravergas na distribuição de frequência relativa (%) variou predominantemente de “quase sempre” e “sempre”, obtendo frequência de execução de “quase sempre” com a análise estatística. O resultado foi proveniente do assentamento das esquadrias que majoritariamente possuíam os blocos canaletas de 30 cm, como no caso apresentado na Figura 15.

Figura 15 - Blocos canaletas.



Fonte: Autor (2018).

Apesar disso, em alguns locais a modulação dos blocos não possibilita a utilização de blocos canaletas de no mínimo 30 cm, devido ao projeto estrutural, como nos casos indicados na Figura 16. As esquadrias mostradas pertencem a janela da cozinha de um apartamento e a janela do banheiro de outro apartamento, onde ambas sofrem a interseção de outra parede.

Figura 16 - Vergas e contravergas sem os 30 cm mínimos de blocos canaletas para cada lado da abertura.



Fonte: Autor (2018).

Segundo Sampaio (2010), a utilização de blocos canaletas com transpasse de no mínimo 30 cm para cada lado da abertura em vergas e contravergas possibilita resistir as cargas aplicadas, evitando o aparecimento de fissuras.

4.1.3.4 Atividade 3.5: Assentar cada fiada com o auxílio de fios flexíveis estirados horizontal e paralelamente ao plano da parede.

A atividade de assentar os blocos com o uso de fios flexíveis apresentou grande variação, sendo classificada em todas as cinco categorias de frequência. Esta variação é resultante das inúmeras vezes que a atividade foi realizada durante um dia de análise.

O uso dos fios era regularmente utilizado visando manter o alinhamento e as dimensões pré-estabelecidas dos cômodos dos apartamentos, como evidencia a Figura 17.

Figura 17 - Uso de fios flexíveis no assentamento dos blocos.



Fonte: Autor (2018).

No entanto, em algumas fiadas constantemente era verificado a não aplicação dos fios flexíveis que acarretaram no decréscimo da frequência de utilização. Como no caso de algumas paredes de comprimento menor, onde foi constatado o caso da não utilização durante a elevação da alvenaria.

4.1.3.5 Atividade 3.11: Executar furos de dimensões mínimas de 7,5 cm de largura por 10 cm de altura ao pé de cada vazio a grautear.

O serviço referente às janelas de visita, que segundo a NBR 15961-2 (2011) tem como finalidade possibilitar a limpeza prévia do interior dos blocos e a inspeção do grauteamento, teve maior incidência na distribuição de frequência relativa em “muitas vezes” e “quase sempre”, obtendo classificação de “muitas vezes” com a análise estatística.

Tal fato ocorreu devido a dois motivos, ou seja, pela variação nas dimensões de algumas janelas de visitas não estando em conformidade com a dimensão definida

pela lista de verificação de serviço e pela não existência em alguns casos de janelas de visita em locais de grauteamento.

Quanto à existência de janela de visita, no grauteamento do primeiro lance, mais precisamente nas armaduras verticais das esquadrias, os pontos de inspeção nos blocos da primeira fiada não eram executados, como mostra a Figura 18.

Figura 18 - Não execução de janelas de visita.



Fonte: Autor (2018).

À execução do ponto de inspeção deveria ocorrer na base do ponto a ser grauteado, que no caso das esquadrias deveria ser no bloco canaleta da contraverga, no entanto não era realizada devido à falta de especificação do projeto estrutural, pois estes blocos não eram representados como blocos a serem grauteados. Mas nos demais pontos de grauteamento, definidos em projeto, a execução das janelas de visitas sempre ocorria.

4.1.3.6 Atividade 3.7: Aplicar a argamassa para formação da junta horizontal e vertical (somente nas paredes longitudinais ou nas paredes longitudinais e transversais do bloco, conforme especificado no projeto).

A aplicação da argamassa para a formação da junta horizontal e vertical, pode ser aplicada apenas nas paredes longitudinais ou nas paredes longitudinais e transversais dos blocos, conforme for especificado em projeto.

No caso desta construção em alvenaria estrutural, a argamassa deveria ser aplicada nas paredes longitudinais e transversais. No entanto, a aplicação não acontecia regularmente, ou seja, as anotações na ficha de observação variaram entre “raramente” e “sempre”. A Figura 19 mostra o preenchimento das juntas apenas nas paredes longitudinais.

Figura 19 - Junta de assentamento.



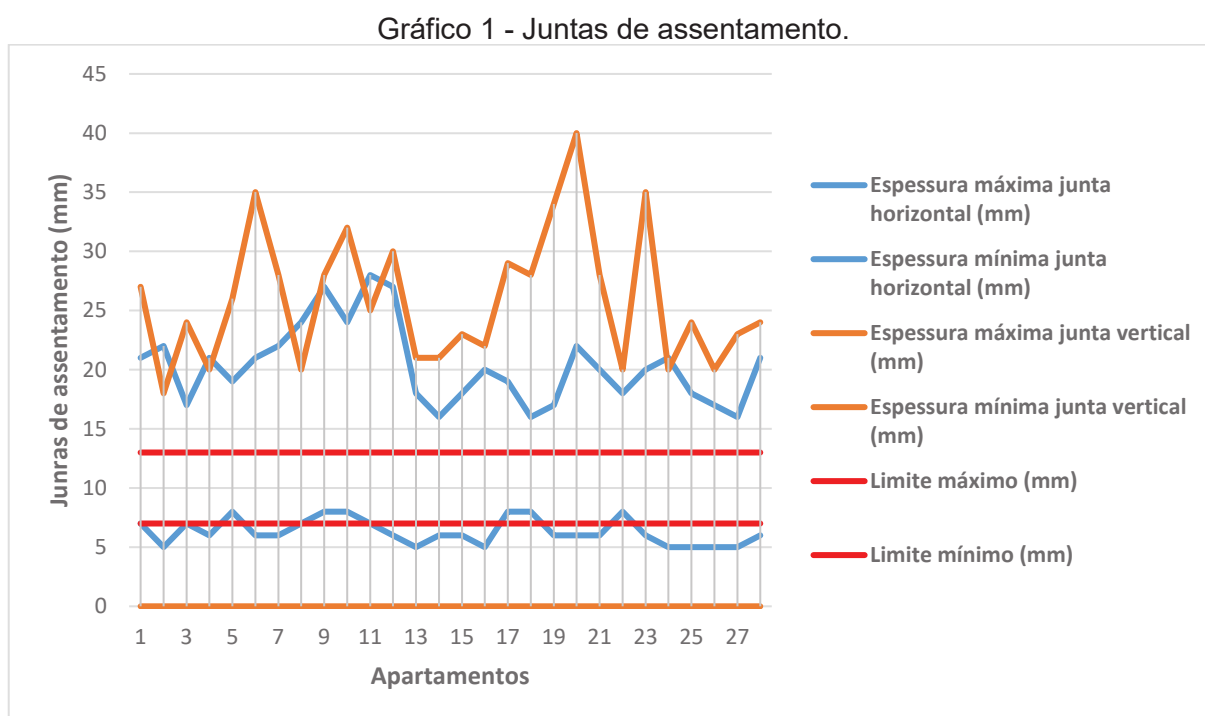
Fonte: Autor (2018).

Assim, de acordo com Parsekian e Soares (2010) esta forma de assentamento da argamassa diferente do especificado em projeto pode acarretar em uma redução na resistência à compressão de uma parede, podendo chegar a ordem de 20% de diminuição.

4.1.3.7 Atividade 3.8: Assentar de forma que as juntas verticais e horizontais tenham espessura de $10\text{mm} \pm 3\text{mm}$

Durante o período de análise do processo construtivo da alvenaria estrutural foi acompanhada a execução de 28 apartamentos. Após a realização da verificação do método construtivo foi feita a investigação dos resultados do assentamento dos blocos. Desta forma, em todos os apartamentos foram analisadas as espessuras das juntas de acordo com a NBR 15961-2 (2011).

Na análise realizada foram encontrados alguns valores para as juntas de assentamento que caracterizaram dispersões em relação ao limite definido na NBR 15961-2 (2011). Em todos os apartamentos analisados tal constatação ocorreu, salvo algumas exceções como evidencia o Gráfico 1.



Fonte: Autor (2018).

O Gráfico 1 mostra que apenas em alguns apartamentos, (10 apartamentos), as espessuras mínimas das juntas de assentamento horizontal foram iguais ou maiores que sete milímetros. Em todos os apartamentos sempre houveram valores excedendo os limites de espessura das juntas de assentamento.

No caso das juntas horizontais, os valores eram mais uniformes tendo uma menor dispersão de valores em comparação com as juntas verticais. Mas apesar de apresentar maior uniformidade também houveram variações, tendo em vista que durante a execução não se utilizavam escantilhões para marcar os níveis corretos de assentamento dos blocos.

As maiores variações das juntas horizontais aconteciam nas fiadas superiores, onde normalmente encontravam-se as juntas mais espessas, como mostra a Figura 20. A Figura 21 revela uma junta de assentamento com 17 mm, sendo mais espessa que o limite estabelecido da NBR 15961-2 (2011).

Figura 20 - Juntas espessas nas fiadas horizontais superiores.



Fonte: Autor (2018).

Figura 21 - Junta horizontal de assentamento com 17 mm.



Fonte: Autor (2018).

Nas juntas horizontais, os erros obtidos podem ser provenientes de dois fatores, sendo a não utilização de equipamento fixo para marcar o nível desejável de cada fiada e as variações de alturas encontradas nos blocos assentados, conforme mostra a Figura 22.

Figura 22 - Bloco com 18,5 cm de altura.



Fonte: Autor (2018).

No projeto constava a utilização de blocos com altura de 19 cm e a utilização de juntas de 10 mm para obter a altura projetada. No entanto, segundo a NBR 6136 (2016) estas são as dimensões nominais dos blocos, as dimensões reais são as obtidas diretamente dos blocos. Com isso, algumas das dimensões reais encontradas na obra geraram a necessidade de se utilizar juntas horizontais mais espessas, para que assim fosse mantido o nível projetado para cada bloco.

As juntas de assentamento verticais foram as que apresentaram maiores dispersões, tanto para a espessura máxima quanto para a mínima. As variações nas espessuras das juntas verticais ocorriam através de um somatório de oscilações ao longo de uma fiada, ou seja, quando uma junta era assentada com espessura elevada por consequência viria uma junta com espessura menor.

Os maiores valores para cada apartamento oscilaram entre 18 mm e 40 mm, apresentando valores bem superiores ao indicado. A Figura 23 mostra uma junta assentada que possui valor de 28 mm.

Figura 23 - Junta vertical de assentamento com 28 mm.



Fonte: Autor (2018).

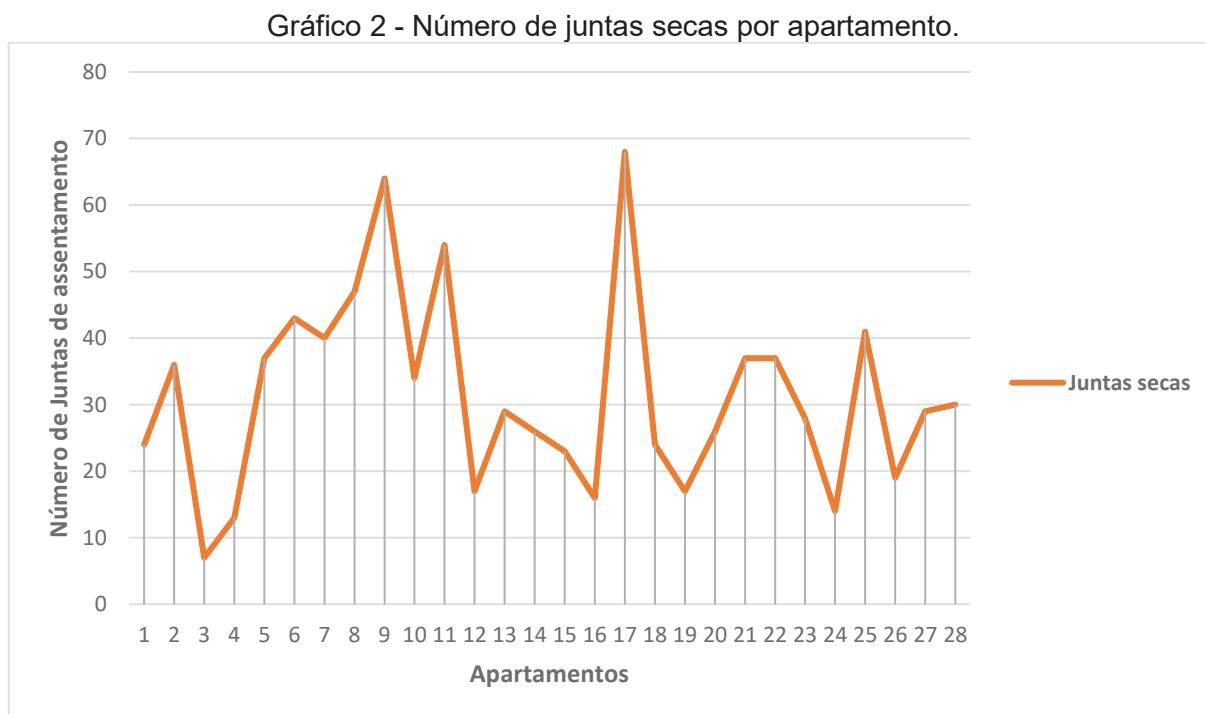
Os valores mínimos encontrados para as juntas verticais em todos os apartamentos analisados foram de zero milímetros, não havendo argamassa ligando os blocos.

Estes valores obtidos caracterizam erros de execução que tendem a trazer alguns prejuízos a estrutura. As juntas de assentamento fora dos limites da NBR 15961-2 (2011), segundo Cavalcante et al (2018), apresentam como consequência decréscimo de resistência à compressão do conjunto.

4.1.3.8 Atividade 3.3: Efetuar o preenchimento e uniformização das juntas

Em alguns casos haviam espaços entre os blocos sem argamassa e em outros os blocos ficavam juntos sem a possibilidade de haver argamassa entre eles. Sendo assim, essas juntas secas foram quantificadas nos 28 apartamentos.

Deste modo, foi gerado o Gráfico 2 que apresenta o quantitativo de juntas sem o preenchimento com argamassa encontradas em todos os apartamentos.



Fonte: Autor (2018).

Foi constatado em obra que a argamassa durante o assentamento era aplicada nas juntas horizontais e em uma das paredes verticais. No entanto, no último bloco assentado em uma fiada haveria a necessidade de se aplicar a argamassa verticalmente nos dois lados do bloco. Porém, isto nem sempre ocorria, assim geravam-se as juntas secas.

Esta configuração de junta seca ocorria devido a falha na aplicação citada anteriormente e também ao método de elevação das paredes especificado no projeto de modulação dos blocos, como mostra a Figura 24 em uma das paredes construídas. O método segundo Manzione (2004) é chamado como “castelo”, onde os blocos são assentados inicialmente pelas paredes externas seguindo para o centro.

Figura 24 - Juntas secas devido ao método construtivo.



Fonte: Autor (2018).

De acordo com Miranda (2012), o não preenchimento das juntas verticais não configurou influência na resistência à compressão das paredes e nem alteraram o módulo de elasticidade da estrutura. No entanto, nos ensaios com a finalidade de se obter a resistência cisalhante, o resultado foi de um decréscimo de 50% da capacidade resistente.

4.1.3.9 Atividade 3.1: Realizar o assentamento verificando o alinhamento, prumo e planicidade e Atividade 3.2: Efetuar os ajustes necessários para dar o alinhamento, nivelamento e prumo de cada bloco até sua posição definitiva

As atividades acerca dos procedimentos de alinhamento, prumo e nivelamento obtiveram maior incidência na distribuição de frequência relativa em “quase sempre”. No entanto, devido as frequências das demais categorias foi verificado uma maior prática em ajustar os blocos ao invés de assentar os blocos verificando as características para um correto assentamento.

As conferências das características frequentemente eram realizadas a cada nova fiada, sendo a verificação do prumo normalmente executada nos cantos das paredes, como mostra a Figura 25, e o nivelamento e alinhamento nos demais blocos da fiada.

Figura 25 - Ajustes durante o assentamento dos blocos.

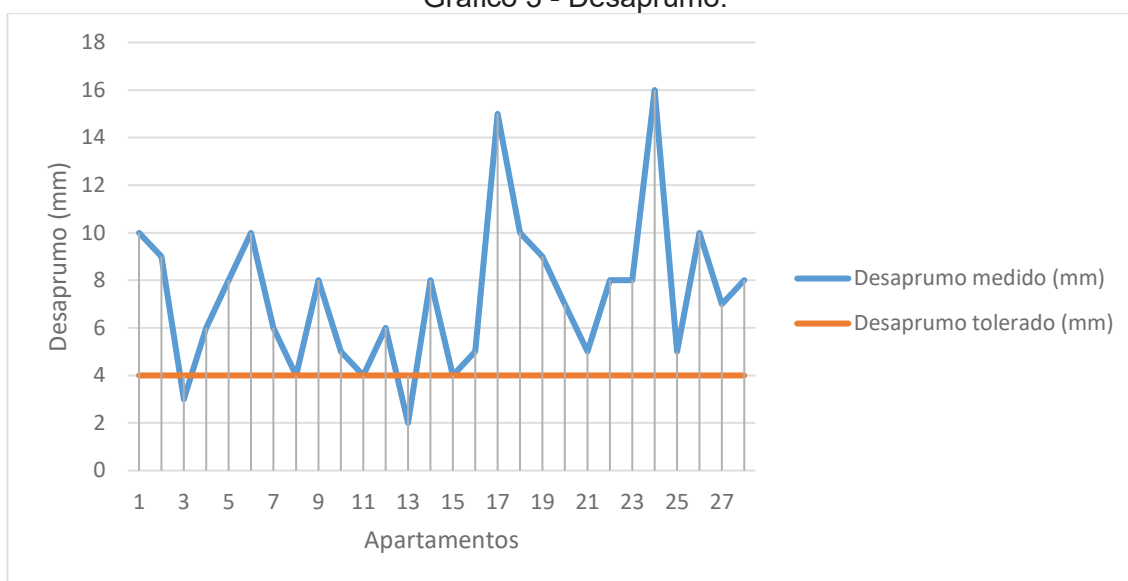


Fonte: Autor (2018).

Após a conclusão do assentamento dos blocos, foi efetuada a verificação do prumo das paredes em todos os apartamentos acompanhados durante a execução, pois a atividade de verificar o alinhamento, planicidade e prumo não era realizada de forma rigorosa na obra.

Na NBR 15961-2 (2011) há a tolerância para desaprumo de ± 2 mm/m e de ± 10 mm no máximo por piso. Como no estudo de caso o pé direito era de 2,6 m, o máximo permitido de desaprumo seria de 5,2 mm. No entanto, o prumo utilizado para a conferência das medidas possuía 2 metros, então o máximo de desaprumo tolerado era de ± 4 mm. Desta forma, o Gráfico 3 apresenta as variações de desaprumo nos apartamentos.

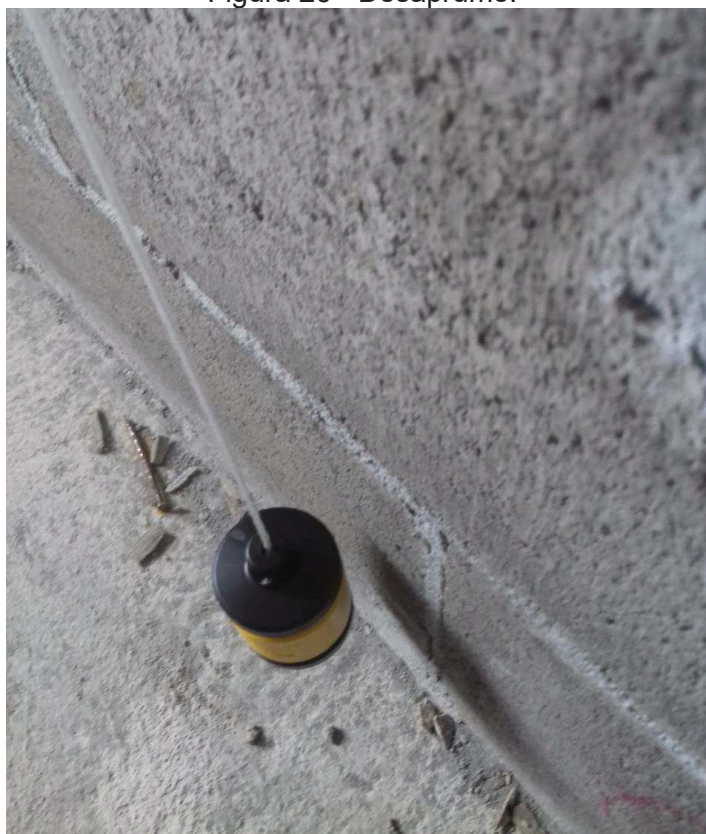
Gráfico 3 - Desaprumo.



Fonte: Autor (2018).

Conforme visto no Gráfico 3, em apenas cinco apartamentos todas as paredes foram construídas dentro da tolerância, nos outros vinte e três apartamentos foram constatados desaprumo elevados, como mostra a Figura 26.

Figura 26 - Desaprumo.



Fonte: Autor (2018).

Segundo Camacho (2006) esses desaprumos geram cargas excêntricas adicionais que podem não ter sido previstas na elaboração do projeto. No entanto, a NBR 15961-1 (2011) cita sobre uma consideração que pode ser feita para prevenir casos de desaprumo em edifício de andares múltiplos. Isto é, considerar ações permanentes indiretas provenientes de imperfeições geométricas devido ao desaprumo global.

4.1.3.10 Atividade 3.10: Assentar os blocos de forma que a argamassa não avance no interior dos vazios do bloco mais que 1 cm, deixando livre o espaço destinado ao enchimento com graute

O serviço de assentar os blocos majoritariamente foi classificado em “muitas vezes”, ressaltando que a variação em que a argamassa avançava mais de 1 cm no interior dos blocos ocorria de acordo com a quantidade de argamassa aplicada e nos ajustes realizados para obter seu correto nivelamento.

A realização ineficaz deste serviço gera a necessidade de efetuar à limpeza dos vazios a serem grauteados, visando retirar a argamassa em excesso deixando o espaço apenas para o material de maior resistência (graute).

4.1.4 Atividades desenvolvidas por profissionais extras

Como comentado, algumas atividades da lista de verificação não eram realizadas pelos funcionários do assentamento, ou seja, por profissional que realizava serviços ligados ao grauteamento.

Desta forma, essas atividades foram analisadas de maneira individual. A Tabela 8 apresenta a distribuição de frequência para esses itens.

Tabela 8 - Distribuição de frequência relativa (%) dos serviços de elevação da obra relacionado a frequência de execução dos funcionários extras.

Atividade avaliada	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
3.13. Remover os excessos de argamassa que ficam salientes no interior dos vazios verticais ou canaletas.	100	0,00	0,00	0,00	0,00
3.15 Posicionar barras de aço do grauteamento.	0,00	0,00	0,00	0,00	100
3.18. Efetuar o preenchimento das posições grauteadas do primeiro lance.	0,00	0,00	0,00	0,00	100

Atividade avaliada	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
3.19. Saturar os vazios verticais ou canaletas para evitar excessiva absorção da água do graute, imediatamente antes de iniciar-se o grauteamento.	83,33	16,67	0,00	0,00	0,00
3.20. Colocar a armadura vertical ou horizontal de modo a obedecer às prescrições de projeto, evitando a possibilidade de alterações no posicionamento durante o grauteamento, mediante o uso de dispositivos posicionadores.	100	0,00	0,00	0,00	0,00
3.24. Efetuar o lançamento do graute no mínimo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas.	66,67	0,00	0,00	0,00	33,33
3.25. Efetuar o lançamento do graute através de altura máxima de 3,0 m com uso de adensamento manual ou mecânico e 1,6 m sem adensamento e com obrigatoriedade de existência de furos de visita ao pé de cada trecho a grautear.	100	0,00	0,00	0,00	0,00
3.26. Efetuar o lançamento do graute no máximo 30 minutos após o lançamento da camada anterior.	0,00	0,00	0,00	33,33	66,67

Fonte: Autor (2018).

Observou-se forte associação entre as variáveis ao nível de 5% de significância, sendo que o valor do Qui-Quadrado, com 21 graus de liberdade, foi de $X_{cal}^2 = 61,04 > X_{tab}^2 = 11,59$, validando a aplicação da AC.

A variação total existente entre as variáveis (inércia total) encontra-se na Tabela 9. Note que apenas três dimensões foram suficientes para explicar a inércia associada às variáveis em estudo. Verifica-se que as duas primeiras dimensões conseguem descrever a associação entre as variáveis com uma variação acumulada de explicação de 89,49%, sendo a dimensão 1 com 69,78% da inércia, e a dimensão 2 com 19,71%.

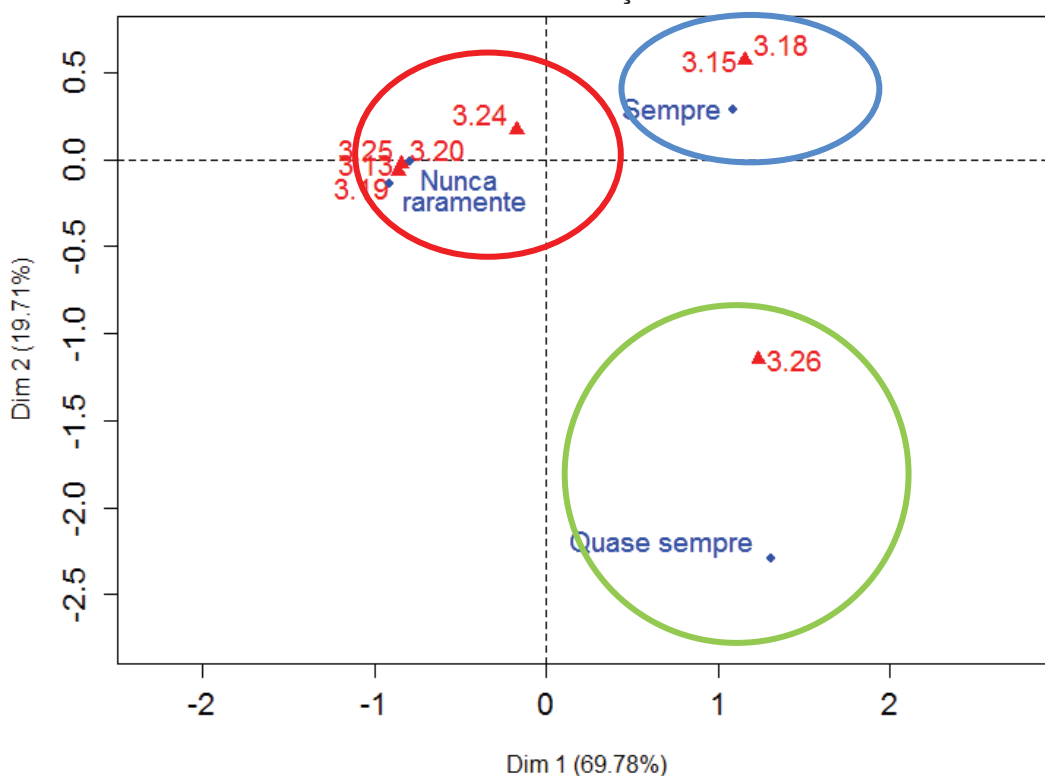
Tabela 9 - Inércia associada a 3 dimensões.

Dimensão	Inércia	Variação explicada (%)	Variação acumulada explicada (%)
1	0,887	69,78	69,78
2	0,251	19,71	89,49
3	0,134	10,51	100,00

Fonte: Autor (2018).

Analisando a Figura 27 que apresenta o “mapa perceptual” bidimensional, associando o serviço executado durante a elevação e a frequência de execução, verifica-se que cinco itens estão associados à categoria nunca e raramente.

Figura 27 - Serviço de elevação executado pelos funcionários extras x Frequência de execução.



Fonte: Autor (2018).

Cada um dos itens da categoria nunca e raramente serão discutidos a seguir.

4.1.4.1 Atividade 3.24: Efetuar o lançamento do graute no mínimo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas

Referente a atividade de efetuar o lançamento do graute no mínimo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas, a frequência analisada obteve variação com a peça estrutural a ser grauteada.

O grauteamento da alvenaria após todos os blocos assentados mantinha o prazo de 24 horas, enquanto para o grauteamento do primeiro lance, nas peças referentes as esquadrias, houve variação com o dia de grauteamento analisado.

Assim, na maioria das situações verificadas, o assentamento era seguido do grauteamento não propiciando as 24 horas estabelecidas.

4.1.4.2 Atividade 3.19: Saturar os vazios verticais ou canaletas para evitar excessiva absorção da água do graute, imediatamente antes de iniciar o grauteamento

Nas análises realizadas, principalmente anteriormente ao grauteamento das esquadrias do primeiro lance, a aplicação de água nos vazios poucas vezes acontecia.

Assim, a porosidade existente nos blocos absorvia uma parcela da água presente no graute devido a característica de absorção de água inicial do bloco, limitando a hidratação adequada do graute podendo causar prejuízos a sua resistência (PARSEKIAN E SOARES, 2010).

4.1.4.3 Atividade 3.13: Remover os excessos de argamassa que ficam salientes no interior dos vazios verticais ou canaletas

Antes do grauteamento não era realizada a limpeza das canaletas, permanecendo sempre alguns excessos de argamassas, como pode ser visualizado na Figura 28.

Figura 28 - Excesso de argamassa.



Fonte: Autor (2018).

A não realização da limpeza dos vazios verticais pode influenciar na resistência da peça estrutural. Isso porque os aglomerados de argamassas que obstruem o preenchimento completo da peça com graute, segundo a NBR 15961-1 (2011), possuem como característica a ligação entre blocos, ao contrário do graute, que tem como finalidade unir a armadura ao bloco aumentando a resistência.

4.1.4.4 Atividade 3.20: Colocar a armadura vertical ou horizontal de modo a obedecer às prescrições de projeto, evitando a possibilidade de alterações no posicionamento durante o grauteamento, mediante o uso de dispositivos posicionadores

Quanto a colocar a armadura vertical ou horizontal de modo a obedecer às prescrições de projeto, evitando a possibilidade de alterações no posicionamento durante o grauteamento, mediante o uso de dispositivos posicionadores, a análise constatou que isto nunca foi executado.

Em nenhum dos processos de grauteamento presentes na obra foi constatado o uso de dispositivos posicionadores. As armaduras ficavam submersas no graute em meio aos vazios dos blocos, sustentados apenas pelo posicionamento das barras deixado pelos funcionários, como mostra a Figura 29.

Figura 29 - Grauteamento sem dispositivos posicionadores.



Fonte: Autor (2018).

Segundo Rocha (2013) e a NBR 15961-2 (2011) para manter a posição da armadura durante o grauteamento, os materiais a serem usados podem ser arames, estribos, tarugos de aço ou espaçadores para armaduras de aço galvanizado ou material resistente à corrosão. Deste modo, o cobrimento da armadura manter-se-ia contínuo por todo o vazio, garantindo adequada proteção contra reações que podem limitar a durabilidade da estrutura (HELENE, 1997).

Além disso, a NBR 15961-1 (2011) e a NBR 15961-2 (2011) redigem que as armaduras alocadas em vazios a serem grauteados devem possuir cobrimento mínimo de 15 mm e que o erro máximo permitido para blocos de seção de dimensão inferior a 20 cm é igual a 1 cm e para dimensão superior a 20 cm é de 2 cm.

4.1.4.5 Atividade 3.25: Efetuar o lançamento do graute através de altura máxima de 2,8 m com uso de adensamento manual ou mecânico e 1,6 m sem adensamento e com obrigatoriedade de existência de furos de visita ao pé de cada trecho a grautear

Esta atividade obteve a frequência de execução de “nunca” devido a duas situações presentes durante a execução do grauteamento. No caso do grauteamento do primeiro lance, onde a altura de grauteamento era menor que o 1,6 m e não haveria a necessidade de adensamento, não houve a constatação de janelas de visita na base da peça a ser grauteada, conforme já citado anteriormente.

O grauteamento onde não haviam janelas de visitas tinha como finalidade um reforço estrutural para as esquadrias, visando dar sustentação. No entanto, para um melhor resultado desta execução seria necessário seguir as delimitações da NBR 15961-2 (2011), que cita a respeito de realizar a limpeza dos pontos a serem grauteados. Assim, o graute preencheria de modo homogêneo todo o vazio vertical, além possibilitar a presença apenas de um material de maior resistência.

O outro ponto é quanto ao grauteamento de toda a peça estrutural (Figura 30) nos locais definidos no projeto. Neste caso o grauteamento ocorria a uma altura superior a 1,6 m e inferior a 2,8 m, havendo a necessidade de adensamento mecânico ou manual.

Figura 30 - Grauteamento de ponto estrutural.



Fonte: Autor (2018).

A NBR 15961-2 (2011) cita que para a realização do adensamento não pode-se utilizar a própria armadura da peça estrutural. Apesar disto, a execução em obra não acontecia desta maneira, pois o funcionário responsável pelo grauteamento utilizava-se da armadura, realizando o adensamento de modo incorreto, podendo gerar posicionamento inadequado da armadura, acarretando prejuízos a estrutura.

5 CONCLUSÃO

Com a realização do presente trabalho acerca do processo executivo de alvenaria estrutural, foi possível compreender a eficiência da mão de obra responsável pela execução na obra analisada em comparação com os dados analisados por meio das listas de verificações de serviços.

Como a análise foi dividida nos funcionários responsáveis pelos serviços de assentamento dos blocos e pelos serviços de grauteamento, gerou-se dois resultados a respeito da execução no sistema de alvenaria estrutural.

Os funcionários responsáveis pelo assentamento dos blocos apresentaram predominantemente bons resultados nas atividades analisadas nas etapas de serviços preliminares, marcação e elevação da alvenaria, mesmo não havendo o cumprimento regular e eficiente em todos os itens verificados.

Com a análise do método estatístico, pôde-se notar algumas atividades críticas, desencadeadas pela não execução e pela baixa frequência de execução. Tais atividades são a não verificação do projeto durante o assentamento e dos possíveis desníveis das lajes, o não uso de escantilhão e a falta de umedecimento das superfícies de assentamento durante dias quentes.

Além disso, houve a ocorrência de atividades com frequência em “muitas vezes”, principalmente na etapa de elevação da alvenaria. Esse decréscimo na frequência provocou erros e a falta de controle, cuja NBR 15961-2 (2011) cita como um requisito para a aceitação da obra. Os erros ocasionados na execução foram de juntas de assentamento e desaprumos fora dos limites de tolerância, juntas sem o preenchimento de argamassa e aplicação de argamassa de modo incoerente com o especificado em projeto.

Deste modo, percebe-se que há a necessidade de se realizar a execução mais atentamente para evitar a variação na frequência de algumas atividades que possam eventualmente desencadear prejuízos a estrutura e para obter cada vez mais um índice de execução mais satisfatório e com resultados dentro da tolerância.

Diante de tais resultados vale destacar que a obra se encontrava em fase final de elevação da alvenaria, faltando apenas quatro andares a serem executados. Além disso, pelo planejamento da empresa a obra estava atrasada, tornando o desempenho destes funcionários essenciais ao andamento da obra, sendo requisitada alta produtividade. Desta forma, a produtividade pode ter se tornado um fator influenciável

na redução da frequência de execução de algumas atividades e no de surgimento de erros.

Quanto ao funcionário responsável pela execução das atividades ligadas ao grauteamento, que acompanhava a elevação da alvenaria diariamente, este apresentou resultados insatisfatórios para a execução da alvenaria estrutural. De oito serviços investigados, cinco apresentaram análise constatando execução próximas da classificação “nunca” e “raramente”.

Deste modo, é evidente que há a necessidade de melhoria nas atividades que envolvem o grauteamento, pois estas atividades podem acabar gerando um decréscimo em sua resistência.

Com os resultados obtidos, foi possível relacionar o trabalho com o desenvolvido por Chaves (2017), no qual se utilizou da mesma lista de verificação de serviço em uma obra de alvenaria estrutural situada na cidade de Toledo – PR. As atividades compostas pelos serviços preliminares em ambas as obras foram predominantemente atendidas de modo satisfatório. Na etapa de marcação para o assentamento dos blocos, as verificações nas duas obras obtiveram para a maior parte dos itens avaliação positiva.

No comparativo das atividades de elevação dos blocos, houveram itens com frequências insatisfórias nos dois estudos, sendo nove atividades no estudo de Chaves (2017). Dentre tais atividades, em ambos estudos ocorreram a falta de preenchimento das juntas de assentamento, avanço de argamassa para o interior dos blocos, juntas com espessura fora da tolerância da NBR 15961-2 (2011), a aplicação de argamassa somente nas paredes longitudinais, falta de conferência e ajuste no prumo das paredes, a não saturação dos vazios dos blocos antes da aplicação do graute e à não execução de janelas de visita. Assim, foi possível verificar que estes são alguns erros recorrentes na mão de obra responsável pela execução da alvenaria estrutural.

Na análise dos valores geométricos obtidos na obra, foi possível realizar o comparativo com o trabalho desenvolvido por Sousa, M. (2011) em Fortaleza, para os valores das espessuras máximas e mínimas das juntas horizontais e verticais e o desaprumo. Na comparação entre os valores obtidos para a espessura máxima da junta vertical, os erros gerados pela mão de obra analisada por Sousa, M. (2011) foram mais significativos, pois houveram mais juntas espessas encontradas, com valores de até 70 mm. No quesito da espessura máxima da junta horizontal, os valores

médios dos dois estudos apresentaram valores próximos entre si mas distantes dos limites da NBR 15961-2 (2011), reforçando o erro da mão de obra.

Quanto à espessura mínima da junta vertical os resultados foram os mesmos nas duas obras, explicitando o erro comum dos executores, pois em todos os apartamentos vistoriados sempre haviam juntas secas. Mas a respeito da junta mínima horizontal, ao contrário da obra de Fortaleza, a obra analisada em Cascavel não apresentou em nenhum apartamento junta horizontal sem o preenchimento de argamassa.

O desaprumo, outro item analisado, em ambos estudos apresentaram o valor máximo de desaprumo igual a 16 mm. No entanto, no comparativo das médias entre as obras, o estudo de Sousa, M. (2011) demonstrou um desaprumo de 8,79 mm, maior que o desaprumo de 7,35 mm do atual estudo.

Com os valores analisados, pôde-se verificar que devido a três dos itens analisados, que a mão de obra responsável por assentar os blocos em Cascavel apresentou resultados melhores, apesar de ambas apresentarem valores fora dos limites da NBR 15961-2 (2011).

Com todos os resultados apresentados, conclui-se que a execução da alvenaria estrutural apresenta algumas falhas durante seu processo construtivo, mas que são passíveis de melhorias através de orientação e fiscalização mais rígida, isto é, por meio de um planejamento e de ações que coloquem isto em prática. Assim, ter-se-á uma obra de qualidade, limitando a possibilidade de problemas futuros, tornando o método de construção mais acessível e seguro e fazendo prevalecer as vantagens que esse sistema construtivo possibilita.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRESTI, A. **Analysis of Ordinal Categorical Data**. 2ª ed., New Jersey: John Wiley & Sons, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136**: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Requisitos. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1**: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto: Projeto. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-2**: Alvenaria Estrutural – Blocos de concreto: Execução e Controle de obras. Rio de Janeiro, 2011.

AZEREDO, H. **O edifício até sua cobertura**. 2. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 1997.

BALDISSARELLI, M. et al. Uso da alvenaria estrutural com a racionalização como ferramenta para a redução de resíduos. In: FÓRUM INTERNACIONAL ECOINOVAR, 5., 2016, Santa Maria. **Anais eletrônicos...** Santa Maria: 2016. Disponível em: <<http://ecoinovar.com.br/cd2016/arquivos/artigos/ECO1128.pdf>>. Acesso em: 05 abr. 2018.

BOGDAN, R; BIKLEN, S. **Investigação qualitativa em Educação**. Portugal: Porto Editora, 1994.

CAMACHO, J S. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. Ilha Solteira: Núcleo de Ensino e Pesquisa de Alvenaria Estrutural, 2006. 48 p.

CAVALCANTI, M. V. S. et al. Optimization of structural brickwork laying joints in concrete blocks. **Revista Ibracon de Estruturas e Materiais**, Anápolis, v. 11, n. 1, p.115-134, fev. 2018.

CHAVES, G. **Patologia em alvenaria estrutural: estudo de caso sobre a influência dos procedimentos de execução**. 2017. 103 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Toledo, 2017.

CONSELHO NACIONAL DE INDÚSTRIA. **Sondagem Indústria da Construção**. [Brasília], ano 9, n.3, ISSN 2317-7322, mar 2018.

COSTA, Y; FERNANDES, F. Análise da produtividade em uma obra de alvenaria estrutural. In: VII CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA FEPI, 7., [2016], Itajubá. **Anais...** Itajubá: Centro Universitário de Itajubá, [2016]. p. 1 - 4.

FERREIRA, D. **Estatística multivariada**. Lavras: Editora UFLA, 2011.

FRANCO, L. **Racionalização construtiva**. [São Paulo]: Assessoria em Racionalização Construtiva, [199-?].

GIL, A. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2008.

GODOY, A. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, São Paulo, v. 35, n. 2, p. 57-63, mar/abr. 1995.

HELENE, P. R. L. Introdução da durabilidade no projeto das estruturas de concreto. In: WORKSHOP DURABILIDADE DAS CONSTRUÇÕES, 1997, São Leopoldo. **Anais...** São Leopoldo: ANTAC, 1997. p. 12-29.

LATTIN, J.; CARROL, J. D.; GREEN, P. E. **Análise de Dados Multivariados**. São Paulo: Cengage, 2011.

LÊ, S.; JOSSE, J.; HUSSON, F. **FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis**. *Journal of Statistical Software*. **25(1)**. p. 1-18, 2008

MANZIONE, L. **Projeto e Execução de Alvenaria Estrutural**. São Paulo: O Nome da Rosa, 2004.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: UFMG, 2005. 295 p.

MIRANDA, L. **Estudo do efeito do não preenchimento das juntas verticais e eficiência do graute na resistência da alvenaria estrutural de blocos cerâmicos**. 2012. 206 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012.

OKSANEN, J. et al. **Vegan: Community Ecology Package**. R package version 2.4-0, 2016. Disponível em: <<https://CRAN.R-project.org/package=vegan>>.

PARSEKIAN, G; SOARES, M. **Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos**: Projeto, execução e controle. São Paulo: O Nome da Rosa Editora Ltda, 2010. 240 p.

R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2017.

RAMALHO, M.; CORRÊA, M. R. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini Ltda, 2003. 174 p.

REFATI, K. **Inspeção em estruturas de alvenaria em blocos estruturais**. 2013. 93 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

RICHTER, C.; FORMOSO, C.; MASUERO, A. Análise de manifestações patológicas de alvenaria estrutural em empreendimentos habitacionais de baixa renda. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRÍDO, 11., 2006, Florianópolis. **Anais...** Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do sul, 2006, p. 2576-2585.

RICHTER, C.; MASUERO, A.; FORMOSO, C.T. Manifestações patológicas de alvenaria: uma análise de causa e efeito. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE PATOLOGIAS E RECUPERAÇÃO DE ESTRUTURAS, VI., 2010, Córdoba.

ROCHA, J. **Diagnóstico dos procedimentos executivos nos canteiros de obras de alvenaria estrutural**. 2013. 140 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2013.

ROMAN, H. R.; MUTTI, C. N.; ARAÚJO, H. N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 1999. 72 p.

SAMPAIO, M. **Fissuras em edifícios residenciais em alvenaria estrutural**. 2010. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

SANTOS, G.; CHAVES, G.; BRESSIANI, L. Procedimentos de execução que podem gerar patologias em obras em alvenaria estrutural. In: SIMPÓSIO SOBRE MATERIAIS E CONSTRUÇÃO CIVIL, 2013, Toledo.

SANTOS, Paulo; SANTOS, Débora. Identificação in loco de atividades facilitadoras no processo construtivo de alvenaria estrutural junto aos gerentes de obra. **Scientia Plena**, [s.l.], v. 11, n. 11, p.1-10, 14 nov. 2015.

SANTOS, R. **Controle da qualidade da execução da alvenaria estrutural**. 2010. 68 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.

SOUSA, M. **Levantamento de erros executivos em edifícios em alvenaria estrutural de bloco cerâmico**. 2011. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

SOUSA, M.; CABRAL, A. Levantamentos de erros executivos em edifícios em alvenaria estrutural. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRÍDO, 15., 2014, Maceió. **Anais...** Maceió: Universidade Federal do Ceará, 2014, p. 1015-1024.

SOUSA, J. S. et al. **Impacto da construção civil no produto interno bruto**. Revista Científica: Perspectiva Online: Ciências Humanas e Sociais Aplicadas. São Paulo v.5, n.12, abr 2015. Disponível em: <http://www.seer.perspectivasonline.com.br/index.php/humanas_sociais_e_aplicadas/article/view/576>. Acesso em: 13 mai 2018.

SOUZA, J. **Identificação de causas para os problemas recorrentes na execução de paredes em alvenaria estrutural: estudo de uma obra de Porto Alegre**. 2011. 84f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

TAUIL, C; NESE, F. **Alvenaria Estrutural**. São Paulo: Pini Ltda, 2010.

HENDRY, A W. Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe. **Progress In Structural Engineering And Materials**, [s.l.], v. 4, n. 3, p.291-300, 2002.

YIN, R. **Estudo de caso**: Planejamento e Métodos. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO A – Lista 01

Quadro 5 - Frequência dos serviços preliminares.

CÓDIGO DO FUNCIONÁRIO:	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
1. Serviços preliminares					
1.1. Efetuar a limpeza da superfície de assentamento					
1.2. Verificar se os projetos da alvenaria e complementares estão no local					
1.3. Verificar a disposição dos paletes de blocos para a primeira fiada, mantendo livre os eixos de assentamento					
1.4. Verificar a disponibilidade de equipamentos					
1.5. Providenciar argamassa					
1.6. Separar os tipos de blocos para início da alvenaria conforme o projeto					
Observações:					

Fonte: Santos, Chaves, Bressiani (2013).

ANEXO B – Lista 02

Quadro 6 - Frequência dos serviços de marcação.

CÓDIGO DO FUNCIONÁRIO:	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
2. Marcação					
2.1. Conferir as medidas da laje, seu esquadro e nivelamento					
2.2. Transferir os eixos de referência do pavimento					
2.3. Localizar o ponto mais alto da laje e assentar um bloco com menor espessura de argamassa possível (mínimo 5 mm e máximo 10mm)					
2.4. Assentar os blocos estratégicos (blocos de canto, de encontro de paredes e blocos determinantes das aberturas de portas)					
2.5. Nivelar os blocos estratégicos					
2.6. Distribuir os demais blocos entre os blocos estratégicos e verificar o nivelamento da primeira fiada					
2.7. Posicionar e fixar os escantilhões					
Observações:					

Fonte: Santos, Chaves, Bressiani (2013).

ANEXO C – Lista 03

Quadro 7 - Frequência dos serviços de elevação.

CÓDIGO DO FUNCIONÁRIO:	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
3. Elevação					
3.1. Realizar o assentamento verificando o alinhamento, prumo e planicidade					
3.2. Efetuar os ajustes necessários para dar o alinhamento, nivelamento e prumo de cada bloco até sua posição definitiva					
3.3. Efetuar o preenchimento e uniformização das juntas					
3.4. Efetuar a limpeza garantindo a ausência de rebarbas					
3.5. Assentar cada fiada com o auxílio de fios flexíveis estirados horizontal e paralelamente ao plano da parede.					
3.6. Aplicar a argamassa em quantidade que corresponda a um tempo de colocação dos blocos inferior ao início da pega ou perda da trabalhabilidade (no máximo 2h30min)					
3.7. Aplicar a argamassa para formação da junta horizontal e vertical (somente nas paredes longitudinais ou nas paredes longitudinais e transversais do bloco, conforme especificado no projeto.)					
3.8. Assentar de forma que as juntas verticais e horizontais tenham espessura de 10mm ± 3 mm					
3.9. Umedecer a superfície de assentamento dos blocos com brocha de pintor, alguns minutos antes da aplicação da argamassa, em dias muito quentes, secos e com ventos.					
3.10. Assentar os blocos de forma que a argamassa não avance no interior dos vazios do bloco mais que 1cm, deixando livre o espaço destinado ao enchimento com graute e garantir melhor impermeabilidade da junta					
3.11. Executar furos de dimensões mínimas de 7,5 cm de largura por 10 cm de altura ao pé de cada vazio a grautear					
3.12. Retirar todo material estranho presente no fundo dos vazios verticais					
3.13. Remover os excessos de argamassa que ficam salientes no interior dos vazios verticais ou canaletas					
3.14. Posicionar os blocos com pontos de elétrica					
3.15. Posicionar barras de aço do grauteamento					
3.16. Executar as fiadas até meia-altura ou altura do peitoril					
3.17. Assentar os blocos canaletas para execução das vergas e contravergas, avançando no mínimo 30 cm para cada lado da abertura.					
3.18. Efetuar o preenchimento das posições grauteadas do primeiro lance					
3.19. Saturar os vazios verticais ou canaletas para evitar excessiva absorção da água do graute, imediatamente antes de iniciar-se o grauteamento					

CÓDIGO DO FUNCIONÁRIO:	Nunca	Raramente	Muitas vezes	Quase sempre	Sempre
3 Elevação					
3.20. Colocar a armadura vertical ou horizontal de modo a obedecer às prescrições de projeto, evitando a possibilidade de alterações no posicionamento durante o grauteamento, mediante o uso de dispositivos posicionadores					
3.21. Efetuar a emenda da armadura vertical com transpasse mínimo de 50cm					
3.22. Efetuar a montagem dos andaimes ou cavaletes					
3.23. Efetuar o grauteamento da segunda metade das paredes					
3.24. Efetuar o lançamento do graute no mínimo 24 horas após o assentamento das paredes a serem preenchidas					
3.25. Efetuar o lançamento do graute através de altura máxima de 2,8 m com uso de adensamento manual ou mecânico e 1,6 m sem adensamento e com obrigatoriedade de existência de furos de visita ao pé de cada trecho a grautear					
3.26. Efetuar o lançamento do graute no máximo 30 minutos após o lançamento da camada anterior					
3.27. Executar a cinta de respaldo (canaleta ou jota)					
Observações:					

Fonte: Santos, Chaves, Bressiani (2013).