

Janaina Brum Gularte Borges

APLICAÇÃO DA PRODUÇÃO MAIS LIMPA NO  
PROCESSO DE CONSTRUÇÃO EM EDIFÍCIO  
MULTIPAVIMENTOS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. Adalberto Pandolfo e coorientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sabrina Rodrigues Sousa.

Passo Fundo

2016

Janaina Brum Gularte Borges

**Aplicação da Produção Mais Limpa no processo de construção em edifício  
multipavimentos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Faculdade de Engenharia e Arquitetura da Universidade de Passo Fundo, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Engenharia, sob a orientação do Prof. Dr. Adalberto Pandolfo e coorientação da Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sabrina Rodrigues Sousa.

Data de aprovação: 13 de maio de 2016.

Os membros componentes da Banca Examinadora abaixo aprovam a Dissertação.

Adalberto Pandolfo, Dr.  
Orientador

Marcelo Fabiano Costella, Dr.  
Universidade Comunitária da Região de Chapecó

Pedro Domingos Marques Prietto, Dr.  
Universidade de Passo Fundo

Simoni Fiori, Dra.  
Universidade de Passo Fundo

*“Dedico este trabalho a Deus e a todos aqueles que, de alguma forma, apoiaram-me e incentivaram-me nesta trajetória.”*

## AGRADECIMENTOS

Esta dissertação não seria possível sem o apoio e auxílio de algumas pessoas e entidades. Por esse motivo, deixo aqui registrado algumas palavras de agradecimento:

Ao Deus Pai, Filho e Espírito Santo, pelo amor divino, por toda lucidez e superação nos momentos de adversidade, colocando sempre em meu caminho pessoas queridas que fizeram-se presentes, mesmo distantes, ouvindo-me e muitas vezes suportando-me em suas orações, muito obrigada.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adalberto Pandolfo, obrigada por suas ideias, disponibilidade, incentivo e confiança durante todo o desenvolvimento desse trabalho.

À minha coorientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Sabrina Rodrigues Sousa, agradeço por suas críticas e sugestões sempre pertinentes, e por se fazer presente até a conclusão do trabalho.

Ao meu marido, Flavio, obrigada pelo estímulo, apoio e confiança ao longo desta jornada.

Aos meus pais, agradeço o esforço de uma vida inteira para minha formação pessoal e profissional, e nessa fase de mestrado, pelo suporte emocional e suas orações.

Ao meu “companheirinho” dos últimos meses do mestrado, amor maior dentro de meu ventre, já me dá forças e completa os motivos para seguir em frente com determinação.

Às novas amizades conquistadas no mestrado, agradeço o carinho, mesmo que na maioria das vezes transmitidos à distância, “mestrandas” e “três mosqueteiros”, que espero levá-los para a vida; em especial à amiga Ritielli Berticelli pelas trocas de experiências e apoio na conclusão deste trabalho.

Aos meus mestres da graduação, Prof. Dr. Antonio Marcos de Lima Alves, Prof. Dr Luiz Antonio Bragança da Cunda e amiga e Prof<sup>a</sup>. M<sup>a</sup>. Rosa Irene Terra Pinto, por suas indicações.

À “Empresa”, construtora, obrigada pela receptividade e acesso à obra do “Edifício”, para realização deste trabalho; agradeço a todos os funcionários que de alguma forma contribuíram na obtenção de dados para a pesquisa, em especial ao Eng. Cristian Teixeira Marques e Eng. Francisco Rossatto, pelo tempo e paciência em disponibilizar informações.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Passo Fundo.

À banca examinadora, pelo aceite da participação e contribuições de melhorias para este trabalho.

À CAPES e à Universidade de Passo Fundo, pela bolsa concedida para realização deste estudo.

## RESUMO

Os impactos negativos gerados pela atividade da construção civil ao meio ambiente são comumente percebidos na degradação da paisagem urbana e, principalmente, relacionados à saúde pública, muitas vezes causados pela disposição inadequada dos resíduos de construção civil. Problemas não só para o meio ambiente, mas também para as construtoras; que não apenas deixam de aumentar sua rentabilidade, como veem seus recursos desperdiçados, decorrentes do uso deliberado de materiais ocorrido em suas atividades produtivas. Para melhorar esta situação, a presente pesquisa teve por objetivo a introdução de elementos norteadores do programa de Produção mais Limpa, em atividade que conhecidamente costuma ser grande geradora de resíduos na produção de edifícios multipavimentos. Por meio do estudo de caso de uma obra desta tipologia, geraram-se oportunidades de melhoria com a abordagem de redução na fonte para minimização de geração de resíduos. A metodologia adotada fundamentou-se nas principais etapas propostas no programa de Produção mais Limpa do CNTL (2007b), porém adaptado para a situação local, e recursos disponíveis na coleta de dados. Para selecionar a obra, bem como as atividades foco de estudo, primeiramente conheceram-se as rotinas da Construtora e as obras desenvolvidas no período. Selecionada a obra, buscaram-se as atividades em plena execução para realização do diagnóstico ambiental e de processo: execução de reboco interno e elevação de alvenaria externa de tijolos cerâmicos, sendo a última selecionada como foco de avaliação, por ser entre as duas, a atividade que apresentava a maior relação de geração de resíduos por área construída (4,4% *versus* 2,1% obtido na execução de reboco). Na atividade selecionada para o estudo foi possível verificar as causas das ocorrências de resíduos, identificar as opções de oportunidades de Produção mais Limpa, propor modelos de avaliações técnica, ambiental e econômica e elaborar um plano de implementação. Os resultados dos acompanhamentos da execução da atividade apontaram que as causas poderiam estar relacionadas com a qualidade duvidosa da cerâmica utilizada, movimentações de materiais desnecessárias, ausência de estudo de *layout* do pavimento em produção, entre outros. Os modelos de avaliações propostos basearam-se nas instruções do CNTL (2007b), adaptadas à realidade do ambiente e condições da pesquisa, e nas metas de redução de perdas, por pavimento executado. O plano de implementação elaborado contou com uso de duas ferramentas de qualidade, PDCA e 5W2H, de forma a facilitar o entendimento da necessidade das mudanças nas rotinas da obra e aplicabilidade das oportunidades destacadas. As opções de melhoria apresentadas revelaram que para reduzir os resíduos, não são necessários altos investimentos, bastando adaptações pontuais nos serviços já consolidados.

Palavras-chave: elevação de alvenaria; produção de edifícios; redução na fonte; resíduos de construção civil.

## ABSTRACT

The negative impacts generated by the construction activity to the environment are commonly perceived in the urban landscape degradation and, primarily, related to public health, often caused by improper disposal of construction waste. Problems not only for the environment but also for the construction; that not only fail to increase their profitability, as you can see its wasted resources, resulting from the deliberate use of materials in their production activities. To improve this situation, the present research aimed at the introduction of guiding elements of cleaner production program, in activities that used to be known to large waste-generating in the production of multi decks buildings. Through the case study of a work of this typology, have created opportunities for improvement with the approach of source reduction for the minimization of waste generation. The methodology adopted was based on the major steps proposed in the cleaner production program of CNTL (2007b), but adapted to the local situation, and features available in data collection. To select the work as well as the focus of study activities, first met the routines of the construction company and the works carried out in the period. Selected work, sought the full implementation activities for environmental diagnosis and process: execution of internal plastering and masonry external elevation ceramic bricks, the latter being selected as a focus of assessment, be between the two, the activity which featured the largest ratio of waste generation by constructed area (4.4% versus 2.1% obtained in execution of Grouting). In the activity selected for the study was possible to verify the causes of occurrences of residues, identify options for cleaner production opportunities, propose models of technical, environmental and economic assessments and develop an implementation plan. The results of the follow-up of the implementation of activity showed that the causes could be related with the dubious quality of the ceramics used, movements of unnecessary materials, absence of pavement layout study on production, among others. The models proposed assessments were based on the instructions of the CNTL (2007b), adapted to the reality of the environment and conditions for research, and the targets for the reduction of losses, by pavement runs. The elaborate implementation plan included use of two tools, PDCA quality and 5W2H, in order to facilitate the understanding of the need of changes in work routines and applicability of outstanding opportunities. Improvement options presented showed that to reduce waste, are not necessary high investments by individual adaptations already consolidated services.

Key-words: elevation of masonry; production of buildings; source reduction; construction waste.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	10
1.1	Problema da pesquisa .....	10
1.2	Justificativa .....	11
1.3	Objetivos.....	14
1.3.1	Objetivo Geral .....	14
1.3.2	Objetivos Específicos .....	14
1.4	Delimitação do trabalho.....	14
1.5	Estrutura da dissertação .....	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	16
2.1	O meio ambiente e a construção civil.....	16
2.1.1	Recursos .....	19
2.1.2	Resíduos .....	20
2.1.2.1	Instrumentos legais e normativos aplicáveis aos RCC.....	22
2.1.3	Infraestrutura do canteiro de obras .....	26
2.2	Estratégias para redução dos impactos ambientais da construção civil.....	27
2.2.1	Aspectos teóricos da Produção mais Limpa .....	29
2.2.2	A universalização da Produção mais Limpa.....	29
2.2.3	Benefícios da Produção mais Limpa .....	30
2.2.4	Estrutura metodológica do Programa de Produção mais Limpa do CNTL (2007b) 32	
2.2.4.1	Etapa 1 – Planejamento e organização.....	33
2.2.4.2	Etapa 2 – Pré-avaliação e Diagnóstico .....	34
2.2.4.3	Etapa 3 – Avaliação de Produção mais Limpa.....	35
2.2.4.4	Etapa 4 – Estudos de viabilidade.....	37
2.2.4.5	Etapa 5 – Implementação .....	39
2.2.5	Estudos de caso em canteiros de obra, antes e depois da implementação do programa de Produção mais Limpa .....	40
2.2.5.1	Minimização do desperdício de tijolos na etapa de alvenaria (CNTL, 2007b) 40	
2.2.5.2	Redução da geração de resíduo cerâmico por meio da melhoria do processo (CNTL, 2007c) .....	41
2.2.5.3	Comparação entre o uso da argamassa industrializada e a convencional (CNTL, 2007c) .....	43
2.2.5.4	Substituição de blocos cerâmicos por blocos de concreto, beneficiando o resíduo “Classe A”, para reaproveitamento em diversos serviços de obra (CBIC, 2012) 44	
3	MÉTODO DA PESQUISA .....	46
3.1	Classificação da pesquisa .....	46
3.2	Caracterização do objeto de estudo .....	47
3.2.1	Caracterização da cidade de Passo Fundo-RS .....	47
3.2.2	Caracterização da Empresa construtora.....	49
3.2.3	Caracterização da obra.....	51
3.3	Descrição da metodologia .....	52
3.3.1	Etapa 1: Seleção do foco de estudo .....	54
	Fase 1.1: Seleção do Edifício em produção, para estudo .....	54
	Fase 1.2: Aspectos gerais da produção do Edifício em estudo.....	55
	Fase 1.3: Seleção das atividades em estudo .....	55

3.3.2	Etapa 2: Diagnóstico ambiental e de processo das atividades em estudo e seleção do foco de avaliação.....	55
	Fase 2.1: Descrição das entradas e saídas na produção das atividades em estudo ...	55
	Fase 2.2: Identificação dos aspectos ambientais .....	56
	Fase 2.3: Quantificação de entradas e saídas na produção das atividades em estudo .....	56
	Fase 2.4: Análise combinada dos resultados de quantificação das atividades em estudo.....	57
	Fase 2.5: Seleção do foco de avaliação .....	58
3.3.3	Etapa 3: Oportunidades de melhoria na produção da atividade, foco de avaliação – Elevação de alvenaria externa.....	58
	Fase 3.1: Verificação das causas de geração de resíduos .....	58
	Fase 3.2: Identificação das oportunidades de Produção mais Limpa .....	58
	Fase 3.3: Avaliações técnica, ambiental e dos gastos para implementação das oportunidades identificadas .....	58
	Fase 3.4: Plano de implementação.....	59
	Fase 3.5: Discussão e análise dos resultados .....	60
4	APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....	61
4.1	Etapa 1: Seleção do foco de estudo .....	61
	Fase 1.1: Seleção do Edifício em produção, para estudo .....	61
	Fase 1.2: Aspectos gerais da produção do Edifício em estudo.....	62
	Fase 1.3: Seleção das atividades em estudo .....	64
4.2	Etapa 2: Diagnóstico ambiental e de processo das atividades em estudo e seleção do foco de avaliação.....	67
	Fase 2.1: Descrição de entradas e saídas na produção das atividades em estudo.....	67
	Passo 2.1.1: Descrição de entradas e saídas na elevação de alvenaria externa .....	69
	Passo 2.1.2: Descrição de entradas e saídas na execução de reboco interno.....	72
	Fase 2.2: Identificação dos aspectos ambientais das atividades em estudo.....	74
	Passo 2.2.1: Identificação dos aspectos ambientais na elevação de alvenaria externa .....	75
	Passo 2.2.2: Identificação dos aspectos ambientais na execução de reboco interno	77
	Fase 2.3: Quantificação das entradas e saídas na produção das atividades em estudo .....	78
	Passo 2.3.1: Quantificação das entradas e saídas na elevação de alvenaria externa	78
	Passo 2.3.2: Quantificação das entradas e saídas na execução de reboco interno....	88
	Fase 2.4: Análise combinada dos resultados de quantificações das atividades em estudo.....	94
	Fase 2.5: Seleção do foco de avaliação .....	98
4.3	Etapa 3: Oportunidades de melhoria na produção da atividade, foco de avaliação – Elevação de alvenaria externa.....	99
	Fase 3.1: Verificação das causas de geração de resíduos .....	99
	Fase 3.2: Identificação das oportunidades de Produção mais Limpa .....	102
	Fase 3.3: Avaliações técnica, ambiental e dos gastos para a implementação das oportunidades identificadas .....	104
	Fase 3.4: Plano de implementação.....	115
	Fase 3.5: Discussão e análise dos resultados .....	124
5	CONCLUSÕES .....	129
5.1	Conclusões da pesquisa .....	129
5.2	Recomendações para trabalhos futuros .....	131
	REFERÊNCIAS .....	132

ANEXOS .....	138
ANEXO A - Instrução de serviço de execução de alvenaria, adotada pela construtora .....	138
ANEXO B - Instrução de serviço de execução de reboco, adotada pela construtora .....	140
APÊNDICES .....	143
APÊNDICE A - Planilha adotada para referência amostral da capacidade de materiais por carrinho, na quantificação do pavimento em estudo .....	143
APÊNDICE B - Planilha adotada para contagem de carrinhos e recipientes de materiais de entrada, no pavimento em estudo .....	144
APÊNDICE C - Contagem dos tijolos assentados no pavimento 10, por panos de alvenaria .....	145
APÊNDICE D - Apresentação dos dados que geraram as informações de consumo de argamassa no assentamento de tijolos de 9 cm e 14 cm .....	146
APÊNDICE E - Ensaio de laboratório para determinação da densidade média do material coletado na atividade de elevação de alvenaria externa .....	147
APÊNDICE F - Planilha de controle adotada para quantificação de carrinhos carregados de argamassa necessários para realizar a execução completa de reboco interno, por quitinete .....	149
APÊNDICE G - Ensaio com amostras de resíduos da atividade de execução de reboco interno, para determinação da proporção de argamassa residual .....	150

# 1 INTRODUÇÃO

A demanda por produtos do mercado imobiliário e a intensificação da procura por habitações residenciais em centros urbanos gera o aumento da produção de edifícios residenciais e, por consequência, impactos ao meio ambiente, tanto no consumo de recursos materiais, como nas perdas de materiais nas suas diversas formas.

Fazem parte do presente capítulo o problema e a justificativa da pesquisa, os objetivos, o escopo e delimitação da pesquisa e a estrutura da dissertação.

## 1.1 Problema da pesquisa

A indústria da construção possui importância expressiva quando comparada às demais indústrias, pelos efeitos causados ao meio ambiente. Segundo Pinto e Gonzales (2005), a construção civil é uma das maiores atividades geradoras de impactos ambientais negativos, tanto pelo consumo de recursos naturais, quanto pela modificação da paisagem, ou ainda, pela geração de resíduos.

Enquanto as cidades sofrem um histórico processo de urbanização pelo mundo, jazidas minerais e florestas são exploradas para atender a demanda por matérias-primas, alterando a capacidade de produção do oxigênio e a qualidade das águas de rios, fundamentais para a sobrevivência humana. Segundo Zutshi e Creed (2014), as atividades de construção, além de extraírem recursos não renováveis da natureza, podem contaminar as águas subterrâneas e su da região e danificar a atmosfera.

Segundo Suzer (2015), a indústria da construção é responsável pelo consumo de 40% dos recursos globais, 12% das reservas de água potável, 55% de produtos de madeira, 40% de matérias-primas, gerando 45% a 65% dos resíduos produzidos e emitindo 48% dos gases prejudiciais de efeito estufa, poluindo ar e água, ameaçando o esgotamento dos recursos naturais e promovendo o aquecimento global.

Ao longo do seu ciclo de vida, as construções absorvem recursos e contribuem para a transformação de áreas, tendo consequências econômicas e impactos ao meio ambiente e à saúde humana (INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO 15.392:2008). Além disso, o impacto ambiental negativo tem distribuição ao longo de toda a cadeia produtiva da construção civil. Segundo Araújo (2009), as perdas por entulho, além de representarem um alto custo ao

construtor, impactam duplamente o meio ambiente: ao aumentar o consumo de matéria-prima desnecessariamente e ao ampliar o volume de resíduos enviados às áreas de destinação.

Não bastando a ocupação de áreas muitas vezes ilegais, os resíduos originários das atividades de construção civil quando não retornam ao ciclo produtivo, agravam ainda mais a situação ambiental, pois ao somar-se com resíduos de tipologias variadas, comprometem a saúde pública do entorno, podendo atrair a presença de vetores.

O índice de geração de Resíduos de Construção Civil - RCC<sup>1</sup> no Brasil é de 0,58 kg/hab./dia, na região sul do país a geração é de 0,55 kg/hab./dia (ABRELPE, 2013). No município de Passo Fundo, Bernardes et al. (2008) chegaram a uma estimativa de geração de RCC de 0,55 kg/hab./dia, índice que se aproxima da estimativa do país e equivalente à região a qual pertence. Ainda segundo os autores, prédios em construção no período da pesquisa representavam um percentual de 13,3% na composição total dos resíduos em estudo; e desse percentual, materiais como argamassa e tijolos destacavam-se pelas maiores contribuições, 56,7% e 17,7%, respectivamente.

Percebe-se que as perdas no canteiro de obras estão diretamente relacionadas ao aumento da quantidade de resíduos gerados e aos impactos ambientais e econômicos decorrentes. Dessa forma, apresenta-se a questão da pesquisa: de que maneira é possível a introdução da metodologia de Produção mais Limpa nas atividades produtivas de edifícios multipavimentos?

## 1.2 Justificativa

Em países como a Dinamarca, segundo Mália, Brito e Bravo (2011), a prática corrente da reciclagem, em torno de 90% de todo RCC gerado, deve-se pela taxa elevada sobre os resíduos que não são reciclados e a obrigatoriedade da segregação na fonte. Ainda segundo os autores, no Reino Unido, uma das regiões que mais produz RCC na União Europeia, políticas públicas têm surtido efeito no seu reaproveitamento. Na Espanha, um Decreto Real obriga o responsável técnico a incluir um estudo sobre a gestão de RCC na fase de projeto, e o construtor, a desenvolver outro plano de gestão para obra (MÁLIA; BRITO; BRAVO, 2011).

---

<sup>1</sup> Na literatura, dois são os termos comumente encontrados para referenciar essa classe de resíduos: Resíduos de Construção Civil – RCC, e também, Resíduos de Construção e Demolição – RCD. Como uma forma de padronização, neste trabalho será adotada a sigla RCC.

A Legislação Brasileira, acompanhando a tendência mundial, tem se tornado mais rígida em relação às questões ambientais. As políticas públicas induzem empresários do ramo da construção civil a adotarem medidas preventivas, planejando o uso dos recursos naturais, de forma a minimizar os impactos negativos ao meio ambiente. Segundo Souza (2005), a redução das perdas de materiais é extremamente desejável, tanto do ponto de vista da busca pela sustentabilidade na construção quanto da competitividade das construtoras.

O momento apresenta-se como uma oportunidade para a introdução de metodologias que possibilitem e facilitem as mudanças necessárias nos processos produtivos das construtoras e seus respectivos canteiros de obra. O Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL (2007b) destaca algumas metodologias para auxílio em produtividade, organização e eficiência nas atividades de uma empresa; dentre elas, a Produção mais Limpa (P+L), a qual propõe ganhos ambientais, técnicos e econômicos a quem a implementar.

Entre as principais metas da Produção mais Limpa, segundo o CNTL (2007b), destacam-se: (i) a redução de custos de produção e aumento de eficiência e competitividade; (ii) a redução das infrações aos padrões ambientais previstos na legislação; (iii) a diminuição dos riscos de acidentes ambientais; (iv) a melhoria das condições de saúde e de segurança do trabalhador; (v) a melhoria da imagem da empresa junto a consumidores, fornecedores e poder público; (vi) a ampliação das perspectivas de mercado interno e externo; (vii) o acesso facilitado a linhas de financiamento; e (viii) a melhoria do relacionamento com os órgãos ambientais, com a mídia e com a comunidade.

Segundo a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial e o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (UNIDO/UNEP, 1995), a Produção mais Limpa é um programa de aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva e integrada a processos produtivos, nos produtos e nos serviços, para reduzir os riscos relevantes aos seres humanos e ao meio ambiente. Em vez de apenas tratar adequadamente os resíduos, a Produção mais Limpa propõe em primeiro lugar a não geração de resíduos por meio de ajustes no processo produtivo e, na impossibilidade, a redução da sua geração, reutilização, reciclagem interna e externa, e, por fim, se não for possível todas as possibilidades antecessoras, a disposição adequada dos resíduos.

A proposta metodológica da Produção mais Limpa vai ao encontro das legislações e diretrizes vigentes no país sob o ponto de vista dos resíduos, em todas as

esferas cabíveis, da Federal, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS, sob a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010a) e com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), passando pela Estadual, sob Lei nº 14.528 (RIO GRANDE DO SUL, 2014), à Municipal, como no caso de Passo Fundo-RS, que atualmente conta com a Lei nº 4.969 (PASSO FUNDO, 2013), que institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos e a Lei nº 5.102 (PASSO FUNDO, 2014), que entrou em vigência no final do ano de 2015, a qual dispõe sobre o aproveitamento, reciclagem e processamento de entulho, estabelecendo diretrizes para o gerenciamento de resíduos oriundos da construção civil no município.

Para o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS (2010), com a Produção mais Limpa é possível evitar a geração de passivo ambiental e de custos ambientais, o que é atrativo para a empresa; reduzir os impactos ambientais, o que interessa aos órgãos ambientais e à sociedade; e melhorar a qualidade dos produtos, a saúde e a segurança dos trabalhadores. Eliminando perdas e poluição durante o processo de produção, tem-se o aumento na eficiência do uso dos recursos materiais e, conseqüentemente, financeiros, já que os mesmos foram adquiridos com o custo de matéria-prima, e o objetivo é transformá-los em produto, não resíduo.

Visando a manutenção do meio ambiente e o emprego eficiente de recursos, por meio de ações baseadas na metodologia de Produção mais Limpa, a presente pesquisa sugere oportunidades de redução de perdas e de geração de resíduos adotando como estudo de caso a produção de um edifício multipavimentos, integrante do subsetor edificações, inserido no setor de construção civil de um município de médio porte, Passo Fundo-RS. A cidade, localizada no norte do Estado do Rio Grande do Sul, é considerada um centro sub-regional no país, sendo o subsetor edificações um dos destaques na economia do município (PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO, 2014).

O estudo foi desenvolvido na linha de pesquisa Planejamento Territorial e Gestão da Infraestrutura, sendo componente do projeto de pesquisa Gestão de Projetos de Infraestrutura, o qual está inserido no tema Gestão Ambiental e Gerenciamento de Resíduos em Indústrias.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral desta pesquisa é a redução de resíduos, adotando a metodologia do programa de Produção mais Limpa (P+L), por meio da abordagem da redução na fonte, em uma atividade que faz parte da produção tradicional de edifícios multipavimentos.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos são definidos como:

- a) Selecionar o canteiro de obras e atividades para estudo;
- b) Elaborar o diagnóstico ambiental e de processo dessas atividades, para seleção do foco de avaliação;
- c) Identificar oportunidades de melhoria na atividade, avaliá-las e elaborar um plano de implementação de Produção mais Limpa.

## **1.4 Delimitação do trabalho**

Esta pesquisa identificou o consumo de tijolo cerâmico e argamassa e seus respectivos resíduos, gerados na execução da atividade de elevação de alvenarias e execução de reboco em um edifício multipavimentos. O diagnóstico foi realizado entre dois pavimentos tipo, para cada atividade em estudo, entre os meses de abril e maio de 2015.

As oportunidades de melhoria e plano de implementação, desenvolvidas em acordo com a Produção mais Limpa foram geradas para a atividade de elevação de alvenarias.

## **1.5 Estrutura da dissertação**

Além do presente capítulo, o qual apresenta os problemas da pesquisa, a justificativa, os objetivos e a delimitação do trabalho, outros quatro capítulos compõem esta pesquisa.

O capítulo 2 aborda a revisão de literatura, com referência aos aspectos ambientais pertinentes aos canteiros de obras, definições, histórico, aspectos metodológicos e estudos de casos bem-sucedidos da Produção mais Limpa, relacionadas com as atividades de interesse da pesquisa.

O capítulo 3 apresenta o método adotado para elaboração do trabalho, com a classificação da pesquisa, algumas características da construtora e da obra em estudo e o procedimento metodológico.

O capítulo 4 descreve os resultados da pesquisa, com suas análises e discussões, fragmentado de forma a atender os objetivos específicos, o que destoa da apresentação tradicional da metodologia de Produção mais Limpa, proposta pelo CNTL (2007b).

O capítulo 5 apresenta as conclusões finais da pesquisa e as recomendações para trabalhos futuros. Na sequência, são apresentadas as referências bibliográficas, anexos e apêndices.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A indústria da construção possui importância expressiva quando comparada às demais indústrias, pelos efeitos causados ao meio ambiente. Segundo Pinto e Gonzales (2005), a construção civil é uma das maiores atividades geradoras de impactos ambientais negativos, tanto pelo consumo de recursos naturais, quanto pela modificação da paisagem, ou ainda, pela geração de resíduos.

Na presente revisão bibliográfica estão contidos alguns temas principais que englobam o assunto da pesquisa. Inicialmente são apresentados os aspectos ambientais da construção civil, que nortearão os subtítulos seguintes. Na sequência é abordado o programa de Produção mais Limpa, por meio das estratégias de redução de impactos ambientais da construção civil, de acordo com os manuais do CNTL (2007b), apresentando, entre outros, a metodologia proposta e alguns casos bem sucedidos de sua implementação na produção de edificações.

### 2.1 O meio ambiente e a construção civil

Conforme define a norma NBR ISO 14001 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT, 2004a), aspecto ambiental é o “elemento das atividades ou produtos e serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente”, cuja sua significância é devida ao poder de gerar um impacto ambiental significativo, em intensidade ou frequência. Impacto ambiental é definido pela ABNT (2004a) como “qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte no todo ou em parte, dos aspectos ambientais da organização”.

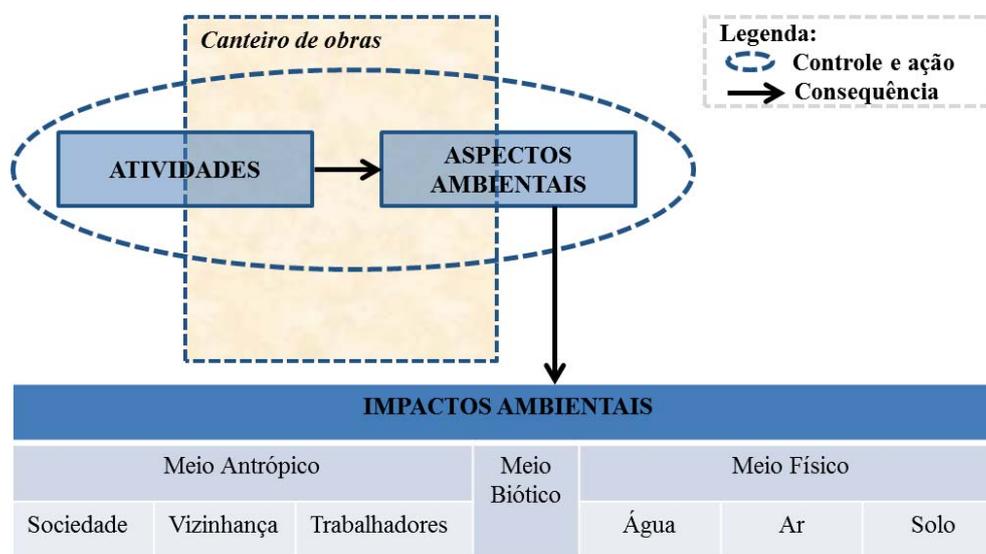
Segundo a Resolução nº 01 do Conselho Nacional Do Meio Ambiente - Conama (BRASIL, 1986), impacto ambiental é definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I – a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III – a biota; IV – as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V – a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986, p. 1).

O entendimento da problemática que relaciona a construção civil com o meio ambiente deve ser precedido de uma revisão de conceitos e definições com base na

literatura, legislações e normas técnicas vigentes ao tema, para que seja possível propor efetivas reduções de seus impactos. Pensando nisso, Araújo (2009) propôs o estudo das causas dos impactos associados aos aspectos ambientais inerentes às atividades de canteiros de obras, e afirma, que por meio da atuação da equipe de obra, com a inserção de medidas gerenciais ou tecnológicas, conforme apresentado no esquema da Figura 1, é possível obter reduções nas interferências negativas nos meios antrópico, biótico e físico, causadas pelas construções.

Figura 1 - Esquema representativo dos aspectos e impactos ambientais



Fonte: Adaptado de Araújo (2009)

Baseado em estudos anteriores, Araújo (2009) identificou e analisou os aspectos ambientais relativos aos canteiros de obras, dividindo-os em quatro temas: recursos, incômodos e poluições, infraestrutura do canteiro de obras e resíduos, de acordo com as atividades das quais eles são derivados, conforme apresentado no Quadro 1.

De acordo com Araújo (2009), o tema “recursos” trata do consumo (compras e contratações) de recursos naturais e manufaturados e do consumo e desperdício de água e energia no canteiro; o tema “incômodo e poluições” trata das atividades de transformação da produção, incluindo os serviços preliminares, infraestrutura, supraestrutura, coberturas e proteção, vedações e revestimentos verticais, pisos, pinturas, sistemas prediais e de redes e vias; já o tema *resíduos* refere-se ao manejo e destinação dos resíduos sólidos, considerando as exigências da Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002); e ainda o tema de *infraestrutura do canteiro de obras* trata dos

procedimentos para que as construções provisórias do canteiro sejam executadas e funcionem de forma que reduzam os impactos ambientais decorrentes.

Quadro 1 - Aspectos ambientais derivados das atividades desenvolvidas em canteiros de obras

<b>Temas</b>	<b>Aspectos ambientais encontrados em canteiros de obras</b>
Recursos	Consumo de recursos naturais e manufaturados
	Consumo e desperdício de água
	Consumo e desperdício de energia
Incômodos e poluições	Geração de resíduos perigosos
	Geração de resíduos sólidos
	Emissão de vibração
	Emissão de ruídos
	Lançamento de fragmentos
	Emissão de material particulado
	Risco de geração de faíscas onde há gases dispersos
	Desprendimento de gases, fibras e outros
	Renovação do ar
	Manejo de materiais perigosos
Resíduos	Perda de materiais por entulho
	Manejo de resíduos
	Destinação de resíduos
	Queima de resíduos no canteiro
Infraestrutura do canteiro de obras	Remoção de edificações
	Supressão da vegetação
	Risco de desmoronamento
	Existência de ligações provisórias (exceto águas servidas)
	Esgotamento de águas servidas
	Risco de perfuração de redes
	Geração de energia no canteiro
	Existência de construções provisórias
	Impermeabilização de superfícies
	Ocupação da via pública
	Armazenamento de materiais
	Circulação de materiais, equipamentos, máquinas e veículos
Manutenção e limpeza de ferramentas, equipamentos, máquinas e veículos	

Fonte: Araújo (2009)

Como a presente pesquisa não tem a pretensão de aprofundar os estudos em todos os aspectos ambientais inerentes às atividades de construção civil, na sequência é apresentada uma breve descrição dos temas propostos no Quadro 1, enfatizando os assuntos de interesse. O conhecimento desses temas serve de referência para desenvolvimento, análise e discussão de itens constantes no Capítulo 4, do presente trabalho.

### 2.1.1 Recursos

Os recursos financeiros aplicados apenas em materiais, segundo Souza e Deana (2007), representam aproximadamente 50% do custo de uma obra, sendo que 1 metro quadrado (1 m<sup>2</sup>) de construção utiliza em torno de uma tonelada de materiais. Para o planeta, tal consumo de materiais representa a extração de grandes quantidades de recursos naturais, algo em torno de 14% a 50%, numa escala mundial, sendo que apenas no Japão essa extração corresponde a 50% dos materiais que circulam na economia do país, e nos Estados Unidos da América (EUA), aproximadamente 75% dos materiais (SOUZA; DEANA, 2007). Embora esforços venham sendo observados para a gestão da produção na indústria da construção civil, segundo Saurin e Formoso (2006), ela ainda é considerada atrasada em relação às indústrias de outros setores da economia. Scheer et al. (2007) consideram que as falhas na supervisão e gerenciamento dos projetos são frequentemente observados e constituem as causas de desperdício de material e incremento nos custos das construções.

No Brasil, ainda hoje impera o método tradicional de produção de edifícios, com estruturas de concreto armado moldadas no canteiro de obras e paredes de alvenaria de bloco cerâmico ou concreto (CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC, 2014), contudo, a moldagem *in loco* favorece a ineficiência do consumo de recursos materiais pela falta de padronização nos processos.

Para a Rede de Gestão da Sustentabilidade – RGS (2012) e o CBIC (2014), o investimento na industrialização do canteiro de obras, vai ao encontro da necessidade de redução de geração de resíduos, otimização do tempo de execução e o custo total da obra, pois com o tempo de produção menor, o custo que a princípio seria maior, é compensado pelo faturamento antecipado. Para Rocha (2012), se o objetivo é reduzir os efeitos nocivos ao meio ambiente, e ao mesmo tempo buscar a sustentabilidade na construção, o autor destaca, entre outros, a minimização da geração de resíduos por meio da escolha de materiais pré-fabricados e a utilização de sistemas construtivos de perfis metálicos leves, racionalizando a quantidade de matéria-prima, constituindo uma evolução da construção tradicional de concreto armado.

Ao introduzir critérios de sustentabilidade na seleção e contratação de produtos e fornecedores para atender a demanda da construção civil, é possível reduzir os impactos causados pela sua atividade. Além da análise do ciclo de vida de materiais e componentes para construção civil, segundo Araújo (2009) impraticável atualmente pela

escassez de informação dos fabricantes, John, Oliveira e Lima (2007) relacionam outros critérios, como por exemplo: consumo de recursos e controle de emissões e resíduos para sua produção, uso de materiais produzidos na região como uma forma de reduzir o impacto de transportes e incentivar o desenvolvimento local, uso de materiais renováveis, etc.

### **2.1.2 Resíduos**

Houve um tempo em que não haviam preocupações com as questões ambientais. Assim, os resíduos eram gerados pelas empresas e despejados na água, no ar ou no solo, sem controle, sem responsabilidade, sem fiscalização ambiental (CEBDS, 2010). Segundo o CNTL (2003b), resíduos são matérias-primas ou insumos não aproveitados ou desperdiçados nos processos produtivos, podendo apresentar-se sob a forma sólida (genericamente denominados de resíduos sólidos), líquida (efluentes líquidos, ou simplesmente efluentes) ou gasosa (emissões atmosféricas, ou simplesmente emissões).

O Ministério do Trabalho e Emprego – MTE sob a Norma Regulamentadora – NR 25 (BRASIL, 2011), define resíduos industriais, e os considera como aqueles provenientes dos processos industriais, na forma sólida, líquida ou gasosa ou na combinação dessas, e que por suas características físicas, químicas ou microbiológicas não se assemelham aos resíduos domésticos. Por questões de interesse e volume de geração, o presente estudo abordará a temática de resíduos sob a forma sólida, sobretudo os gerados na indústria da construção civil.

Como já foi apresentado, o fluxo de geração de resíduos é observado em todo ciclo de vida de uma construção, desde a sua produção, uso/manutenção até a demolição. Segundo Su et al. (2012), durante a fase de uso/manutenção raramente os resíduos de construção civil – RCC são gerados, a menos que ocorram reformas. Para Wu et al. (2014), é possível classificar três atividades de geração de resíduos primários: a construção de novos edifícios, a demolição de edifícios, e as obras de infraestrutura.

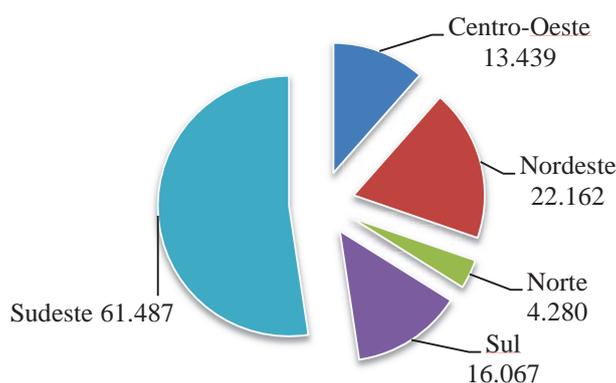
Segundo Wu et al. (2014), durante a fase de construção de novos edifícios as perdas de materiais por resíduos são consideradas inevitáveis. Para os autores, as causas típicas nesta fase incluem, entre outros, o método de construção, tamanho do projeto, tipo de construção, forma de armazenamento de material, erro humano e problemas técnicos. Pesquisas realizadas pelos autores indicam que, na prática, os empreiteiros geralmente assumem que a taxa de perdas é equivalente entre 1-10% dos materiais de

construção comprados, e que a porcentagem específica é determinada por suas experiências anteriores derivadas de medição direta no local.

A grande quantidade em que os Resíduos de Construção Civil – RCC são gerados, seu elevado volume e a periculosidade à qual expõem o meio ambiente, os tornam, segundo Dias (2013), um problema ambiental. O manual de orientação para o plano de gerenciamento de resíduos sólidos proposto pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA (BRASIL, 2012), revela, nos inventários de resíduos, a relação entre os resíduos de construção civil e os resíduos domiciliares, de dois para um. Para Buttler (2007), a presença dos resíduos das atividades de construção aumenta ainda mais, variando entre 54% e 70% da massa total de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU.

Ainda segundo MMA (BRASIL, 2012), a média estimada como geração típica per capita é de 520 quilos anuais, em média, podendo crescer em cidades com economia mais forte e reduzir-se em municípios menores, sendo que 75% da geração destes resíduos acontecem em pequenos e médios eventos construtivos, que quase na totalidade são classificáveis como atividades informais. A ABRELPE (2013) divulgou a coleta de 117 mil toneladas/dia de RCC no ano de 2013, implicando no aumento de 4,6% desde a última divulgação, no ano de 2012; aumento este que se repete anualmente. A Figura 2 - RCC coletados nas regiões do país - tonelada/dia apresenta a pesquisa realizada para quantificação de geração de RCC em diferentes regiões do país.

Figura 2 - RCC coletados nas regiões do país - tonelada/dia



Fonte: Adaptado de ABRELPE (2013)

Estes valores podem ser ainda maiores, visto que a pesquisa da ABRELPE refere-se apenas à quantidade de RCC lançados nos logradouros públicos, e coletados pelos municípios.

### 2.1.2.1 Instrumentos legais e normativos aplicáveis aos RCC

O Brasil dispõe de diversas leis, decretos e resoluções que tratam dos resíduos de construção civil nas diferentes esferas governamentais, conforme apresentado no Quadro 2. Esses documentos tem o objetivo de coibir os geradores por meio da responsabilização de seus atos, de modo a reduzir seus impactos ao meio ambiente; seja pela não geração de resíduos, redução, reúso e reciclagem, de forma a reduzir as disposições finais em áreas legais e ilegais, e também contribuindo na sensibilização para uso eficiente dos materiais bem como na redução da extração de recursos naturais.

Quadro 2 - Resumo dos instrumentos legais abrangentes aos RCC nos diversos níveis

Nível	Legislação	Descrição
Federal	Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências.
Federal	Decreto nº 7.404, de 23 de dezembro de 2010	Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de resíduos sólidos e o Comitê orientador para implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências.
Federal	Resolução CONAMA nº 307, de 17 de julho de 2002	Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. (Correlações: alterada pelas Resoluções 348/04, 431/11 e 448/12).
Estadual	Lei nº 14.528, de 16 de abril de 2014	Institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) e dá outras providências.
Municipal	Lei nº 4969, de 03 de janeiro de 2013	Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos (PMRS) de Passo Fundo e dá outras providências.
Municipal	Lei nº 5.102, de 05 de dezembro de 2014	Dispõe sobre o aproveitamento, reciclagem e processamento de entulho e estabelece diretrizes para o gerenciamento de resíduos oriundos da construção civil no Município de Passo Fundo, conforme específica.

Fonte: Próprio autor (2015)

Segundo Fernandes (2013), a gestão de Resíduos sólidos sempre foi crucial e de difícil equacionamento, porém, após duas décadas de tramitação, surgiu a Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010a), regulamentada pelo Decreto nº 7.404 (BRASIL, 2010b), que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, um marco legal no qual responsabiliza o gerador por seu resíduo. A PNRS propõe metas e ações, entre outros, adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com

Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos.

A Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando as ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. Para ela, os resíduos de construção civil são:

I – Resíduos de construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos, e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e escavação de terrenos, tais como tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc., comumente chamados de entulhos de obra, caliça ou metralha. (BRASIL, 2002, p. 1).

Na esfera estadual, a Lei nº 14.528, que institui a Política Estadual de Resíduos Sólidos – PERS, dispõe sobre os princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluídos os perigosos, às responsabilidades dos geradores e do poder público e aos instrumentos econômicos aplicáveis. Além disso, ela reúne um conjunto de metas e ações adotadas pelo Executivo Estadual, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos (RIO GRANDE DO SUL, 2014).

Já no âmbito municipal, a Lei nº 4.969 (PASSO FUNDO, 2013), que institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Passo Fundo e dá outras providências, trata dos resíduos de construção civil no art. 15, inciso III, indicando que as empresas de construção civil são atividades sujeitas à elaboração de Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos, nos termos do regulamento ou de normas estabelecidas pelos órgãos do Município, do Estado e do Sistema Nacional do Meio Ambiente – SISNAMA.

A Lei nº 5.102 (PASSO FUNDO, 2014), que entrou em vigor partir de 05 de dezembro de 2015, um ano após sua publicação, dispõe sobre o aproveitamento, reciclagem e processamento de entulho e estabelece diretrizes para o gerenciamento de resíduos oriundos da construção civil no município de Passo Fundo, conforme especifica. Há uma série de artigos citados neste documento que trazem informações importantes para os geradores de resíduos de construção civil atuantes no município.

Quanto ao manejo de RCC, tanto a Lei Federal nº 12.305 - PNRS (BRASIL, 2010a) quanto a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), estabelecem a hierarquia que deve ser observada para a gestão dos resíduos, assim como demonstra a

Figura 3, a qual institui a ordem de precedência. O objetivo prioritário a ser adotado é a não geração; contudo, na impossibilidade da ocorrência, a redução, reutilização e reciclagem. Além disso a destinação final deve ser ambientalmente adequada, como estabelecido pelo regulamento vigente.

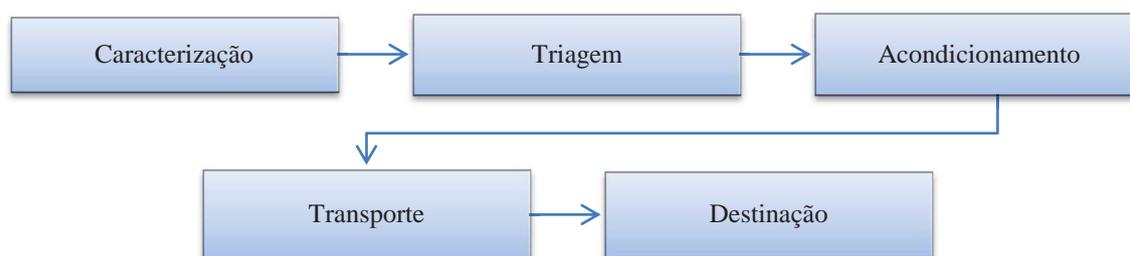
Figura 3 - Ordem de prioridade estabelecida pela PNRS e Resolução CONAMA nº 307 sobre resíduos.



Fonte: Adaptado de Brasil (2002; 2010)

Para tornar possível a gestão dos resíduos de construção civil, conforme determina a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), é sugerida a montagem do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil - PGRCC, seguindo aspectos relativos à caracterização, triagem, acondicionamento, transporte e destinação (BRASIL, 2002). A Figura 4 ilustra tal sequência.

Figura 4 - Sequência da montagem do PGRCC, conforme Resolução nº 307 (BRASIL, 2002).



Fonte: Adaptado de Brasil (2002)

Como forma de contribuir com o tratamento e destinação adequada dos resíduos de construção civil, a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) em seu artigo 3º, alterada pela Resolução CONAMA nº 431/2011, que estabelece nova classificação para o gesso, e classifica os resíduos da construção civil em quatro grupos, conforme apresentado no Quadro 3 (BRASIL, 2002).

Quadro 3 - Classificação dos RCC conforme Resolução CONAMA nº 307.

CLASSE	ORIGEM	MATERIAL	DESTINO
A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	De construção, demolição, reformas e reparos de: a) pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), concreto e argamassa	Deverão ser reutilizados ou reciclados na forma de agregados ou encaminhados a aterro de resíduos “Classe A” de reservação de material para usos futuros
B	Resíduos recicláveis com outras destinações	Papelão, papel, plástico, vidro, metal, madeira e gesso	Deverão ser reutilizados, reciclados ou encaminhados à áreas de armazenamento temporário, sendo dispostos de modo a permitir a sua utilização ou reciclagem futura
C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações que permitam a sua reciclagem ou recuperação	Não especificado pela resolução	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas
D	Resíduos perigosos oriundos de processo de construção	Tintas, solventes, óleos e amianto (incluindo as telhas e demais objetos e materiais que o contêm) e outros	Deverão ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas
	Resíduos contaminados, oriundos de demolições, reforma e reparo	Clínicas radiológicas, instalações industriais e outros, prejudiciais à saúde	

Fonte: Adaptado de Brasil (2002)

Outra classificação aplicável aos RCC é apresentada pela Norma Brasileira Regulamentadora – NBR 10.004:04 (ABNT, 2004b), a qual classifica os resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, conforme apresentado no Quadro 4, de forma que os mesmos possam ter manuseio e destinação adequados.

Quadro 4 - Classificação dos resíduos segundo NBR 10.004:2004

Classificação	Descrição
Classe I - Perigosos	São aqueles que apresentam riscos à saúde pública e ao meio ambiente, exigindo tratamento e disposição especiais, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, etc.

Continua...

Classe II A – Não perigosos e não inertes	São os resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como> combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
Classe II B – Não perigosos e inertes	São aqueles resíduos que, ao serem submetidos aos testes de solubilização, não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Fonte: Adaptado de ABNT (2004b)

Embora os RCC sejam usualmente considerados inertes, estudos realizados em algumas cidades brasileiras como Vitória (RAMOS, 2007) e Piracicaba (SILVA; ARNOSTI Jr., 2007), revelaram por meio de ensaios químicos, que os RCC devem ser classificados como Classe II A – não perigosos e não inertes.

### 2.1.3 Infraestrutura do canteiro de obras

Segundo Araújo e Cardoso (2010), o armazenamento incorreto de materiais tem como principais consequências as contaminações e poluições do ar, do solo e da água, e podem provocar o aumento do consumo de recursos bem como a geração de resíduos. Além disso, para Saurin e Formoso (2006), movimentações extras, como o armazenamento intermediário de material, entre a operação de descarga na obra e o seu depósito na área de armazenamento final, não agregam valor ao produto e são fontes de desperdícios de mão de obra e equipamento.

Saurin e Formoso (2006) destacam que as vias de circulação de pessoas e equipamentos no canteiro devem ser explicitadas no planejamento de *layout* por meio de linhas de fluxo. Além disso, os autores observam que antes da locação de qualquer instalação de armazenamento de materiais deve ser executado o contrapiso na área correspondente, como forma de preservar a integridade dos mesmos.

Para minimizar problemas com armazenamento de materiais, vias de circulação e até mesmo segurança do trabalho, Saurin e Formoso (2006) propõe o planejamento de *layout* do canteiro de obra, atividade que consome uma quantidade restrita de horas técnicas, e trazem benefícios que resultam da sua execução qualificada. Os mesmos autores recomendam o desenho de croquis de todos os pavimentos necessários à perfeita compreensão do *layout* (subsolo, térreo e pavimento tipo, por exemplo).

Além disso, para Saurin e Formoso (2006), a padronização das instalações de canteiro é recomendada na construção de edifícios, principalmente para empresas que constroem obras com características semelhantes, respeitadas as particularidades intrínsecas de *layout* de cada canteiro. Para os autores, os benefícios da padronização incluem a diminuição das perdas de materiais, facilidade para o planejamento do *layout*, em conformidade com os requisitos presentes na Norma Regulamentadora 18 (NR-18) que trata das condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção, entre outros.

## **2.2 Estratégias para redução dos impactos ambientais da construção civil**

O aumento da geração de resíduos deu-se com o passar dos anos, pelo crescimento e diversificação das atividades produtivas, chamando a atenção do mundo. Para o CEBDS (2010), em função de alguns graves acidentes ambientais que ocorreram nas últimas décadas, muitas empresas resolveram melhorar seu desempenho ambiental, reduzindo suas emissões. Com a rigidez das fiscalizações ambientais, não só setores novos e responsáveis ambientais surgiram nas indústrias, mas também o início de uma fase em que todos os trabalhadores da empresa são responsáveis pelo meio ambiente; responsabilidade coletiva a qual está prevista na Lei dos Crimes Ambientais. Assim surgiram também as certificações da série de normas ISO 14.000, as quais estabelecem diretrizes sobre a área de gestão ambiental dentro de empresas. Cumprindo com a legislação ambiental, estas normas também estão comprometidas com a melhoria contínua.

Segundo o CEBDS (2010), aconteceu, porém, que muitas empresas já certificadas, começaram a perceber que o custo ambiental, ou seja, o custo para tratar seus resíduos, aumentava na mesma proporção do crescimento da produção. Era então necessário a adoção de estratégias que ao mesmo tempo primassem pelo aumento da produtividade e crescimento da empresa, reduzindo os custos ambientais das atividades produtivas e, conseqüentemente a geração de resíduos. Surge então a proposta da Produção mais Limpa, um instrumento eficiente e eficaz para cumprir as necessidades ambientais do desenvolvimento sustentado.

O desenvolvimento sustentado, segundo o CNTL (2003b), é um conceito que hoje se encontra incorporado tanto na gestão empresarial como na sociedade como um todo, devendo ser baseado nos três pilares da ecoeficiência: econômico, ambiental e

social. Uma empresa ou um processo, para ser válido dentro dos conceitos atuais, deve ser economicamente rentável, ambientalmente compatível e socialmente justo. Cumprindo estes três pilares, estará sendo ecoeficiente e criando as condições básicas para a sua permanência no mercado.

Segundo a CBIC (2012), além das ferramentas para a promoção da sustentabilidade já citadas, a indústria da construção civil conta atualmente com outras importantes ferramentas específicas para o setor, e entre as mais conhecidas e desenvolvidas no âmbito privado estão: o *Leadership in Energy and Environmental Design* - LEED, do *Green Building Council* Brasil; o selo Alta Qualidade Ambiental - AQUA, da Fundação Vanzolini; o *Environmental Assessment Method* - BREEAM, da *Building Research Establishment* - BRE; e o *Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen* – DNGB, do Conselho Alemão de Construção Sustentável. O setor público nacional também busca construir suas próprias certificações, como: a Etiqueta Procel Edifica, da Eletrobrás; o selo Casa Azul, da caixa Econômica Federal; entre outros.

Neste trabalho adotou-se a ferramenta de Produção mais Limpa por ser uma metodologia focada na gestão pela prevenção e controle de perdas, que proporciona às empresas uma economia significativa, já que objetiva a redução de desperdícios na fonte e reduz a poluição por meio da minimização de geração de seus resíduos, além de atender aos requisitos legais ambientais vigentes e aplicáveis e primar pela saúde e segurança dos profissionais envolvidos nas atividades produtivas.

Foi encontrado na literatura nacional dois órgãos que desenvolveram metodologias de Produção mais Limpa conforme instruções internacionais da UNEP/UNIDO: o Centro Nacional de Tecnologias Limpas – CNTL e o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS. A adoção da metodologia proposta pelo CNTL neste estudo foi baseado em que um de seus guias é direcionado para a Produção mais Limpa em Edificações, no caso do CNTL (2007b). Imaginou-se que esta escolha poderia facilitar a aplicação da metodologia no estudo de caso desenvolvido na pesquisa.

### **2.2.1 Aspectos teóricos da Produção mais Limpa**

O programa de Produção mais Limpa, segundo UNEP (1998), é a aplicação de uma estratégia técnica, econômica e ambiental integrada aos processos e produtos da organização, com o objetivo de aumentar a eficiência quanto ao uso de matérias-primas, água e energia, bem como por meio da não geração, minimização ou reciclagem dos resíduos e emissões geradas, inserindo benefícios ao ambiente, economia e saúde ocupacional.

O programa de Produção mais Limpa em primeiro lugar visa a prevenção da produção de resíduos, e ainda minimizar o uso de matérias-primas. Para Kiperstok et al. (2002), suas técnicas consistem em uma série de medidas que podem ser implementadas na empresa, compreendendo desde uma simples mudança de procedimento operacional até uma mudança de processo ou tecnologia.

Considerando a variável ambiental em todos os níveis da empresa, a Produção mais Limpa, segundo o CNTL (2007b), relaciona as questões ambientais com benefícios econômicos para as empresas que a adotam e se comprometem com a sua continuidade. Ela se caracteriza por promover ações que são implementadas no ambiente empresarial afim de tornar o processo mais eficiente, gerando mais produtos e menos resíduos (CNTL, 2007b).

Os benefícios esperados com a implementação da gestão pela prevenção e controle de perdas, ou seja, da Produção mais Limpa, são os seguintes:

Adoção sistemática de análise de incidentes, acidentes sem lesão, danos à propriedade e perdas no processo; mudanças de atitude, passando de um interesse apenas social para uma postura voltada para o resultado do negócio; possibilidade de indicação de área, equipamentos e tarefas críticas dentro do processo de gerenciamento de riscos; elevação da moral e do nível de ativação dos empregados pela melhoria da qualidade de vida, aumentando a produtividade; estabelecimento de procedimentos operacionais padrões e práticas seguras de trabalho; redução de perdas e danos, diminuindo os custos da produção sem sacrificar a produtividade (CNTL, 2007b, p.35).

### **2.2.2 A universalização da Produção mais Limpa**

O marco da conscientização ambiental foi a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em junho de 1972 em Estocolmo, na Suécia. Após a conferência, na Assembleia Geral das Nações Unidas, em 15 de dezembro de 1972, foi criado o PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente.

Em 1989 surgia o conceito, e em 1994 o Programa de Produção mais Limpa, proposto pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – PNUMA (*United Nations Environment Programme* – UNEP). Os países interessados em difundir a metodologia deveriam instalar um Centro Nacional de Produção mais Limpa, para auxiliar as empresas na promoção de: “demonstrações na planta industrial; treinamento de todos os envolvidos; disseminação das informações; e avaliação das políticas ambientais” (CNTL, 2007b, p.26). Na Figura 5 estão representados os Centros Nacionais de Produção mais Limpa, os quais estão espalhados pelo mundo.

Figura 5: Centros Nacionais de Produção mais Limpa, no mundo.



Fonte: Producción más Limpia (2014)

Com o apoio da Organização das Nações Unidas para a Indústria e o Desenvolvimento - UNIDO (*United Nations Industrial Development Organization*) e do PNUMA (ou UNEP), foi criado no Brasil, no ano de 1995, o Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL) junto ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Rio Grande do Sul (SENAI-RS). “O CNTL-SENAI tem a função de atuar como um instrumento facilitador para a disseminação e implementação do conceito de Produção mais Limpa em todos os setores produtivos” (CNTL, 2007b, p. 27).

### 2.2.3 Benefícios da Produção mais Limpa

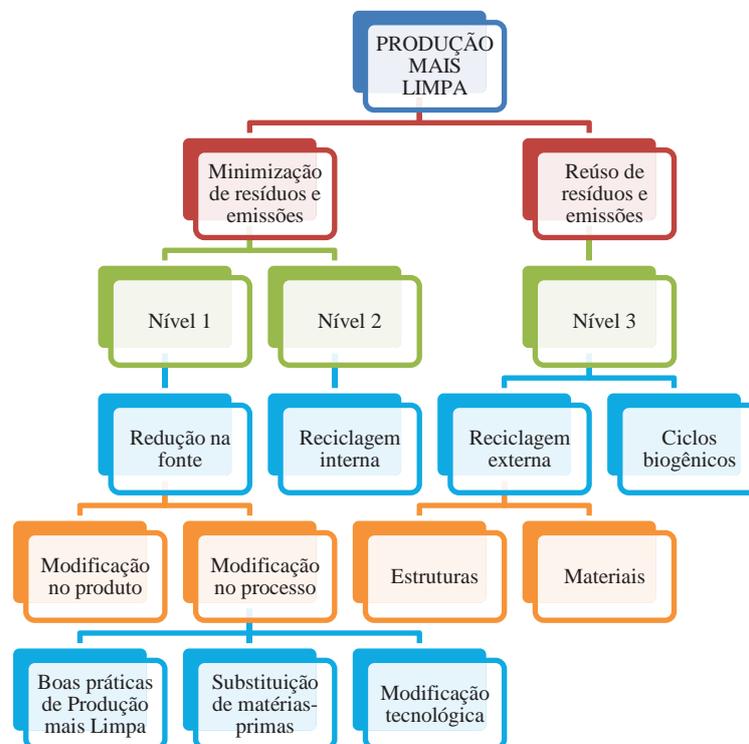
Ao longo das últimas décadas a abordagem de proteção ambiental sofreu mudanças de paradigma, passando do controle para a prevenção. A Produção mais Limpa insere-se neste contexto, na prevenção da poluição antes que esta seja gerada, e não apenas minimizando o impacto ambiental dos resíduos pelo seu tratamento e/ou disposição adequada.

No caso da Construção Civil, para o CNTL (2007b, p.30):

[...] o desenvolvimento de uma Gestão de Resíduos, com o enfoque da Produção mais Limpa, acaba por possibilitar a melhor organização do canteiro, uma obra mais limpa, resíduos acondicionados e a redução de acidentes de trabalho. Além disso, o processo permite a quantificação dos materiais desperdiçados e uma visualização das responsabilidades de melhoria dos processos de construção e execução de serviços dentro da obra.

Segundo Markusson (2011), a Produção mais Limpa motiva a inovação ambiental para a empresa, e a inovação é que reduz o impacto ambiental de um processo de fabricação ou de um produto, elevando potencialmente a competitividade e produtividade da empresa. A metodologia da Produção mais Limpa utiliza-se de várias estratégias para a redução e reúso de resíduos e emissões nos processos produtivos, como pode ser observado no fluxograma da Figura 6.

Figura 6: Fluxograma da geração de opções de Produção mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL (2007b)

Além disso, caso o programa de Produção mais Limpa tenha sido realizado de acordo com as etapas da metodologia proposta pelo SENAI-CNTL, o mesmo concede ao final da implementação o Selo de Produção mais Limpa Implementado – Selo Azul, conforme Figura 7 (a), que tem o reconhecimento das Nações Unidas – UNIDO e da UNEP, uma vez que o CNTL é o ponto focal da Produção mais Limpa no Brasil (CNTL, 2015).

O SENAI-CNTL confere também o Selo de Produção mais Limpa - Desempenho Ambiental (Selo Verde), conforme Figura 7 (b), já nessa modalidade necessitando de processo de auditoria dos resultados de monitoramento realizado durante seis meses ou um ano (dependendo do desempenho obtido neste tempo), por meio de Indicadores de Desempenho Operacional e Ambiental de acordo com uma norma desenvolvida especificamente para esta finalidade (CNTL, 2015).

Figura 7 - Selos de Produção mais Limpa com reconhecimento UNIDO / UNEP, conferido pelo SENAI-CNTL.

(a) “Selo Azul” de PmaisL



(b) “Selo Verde” de PmaisL



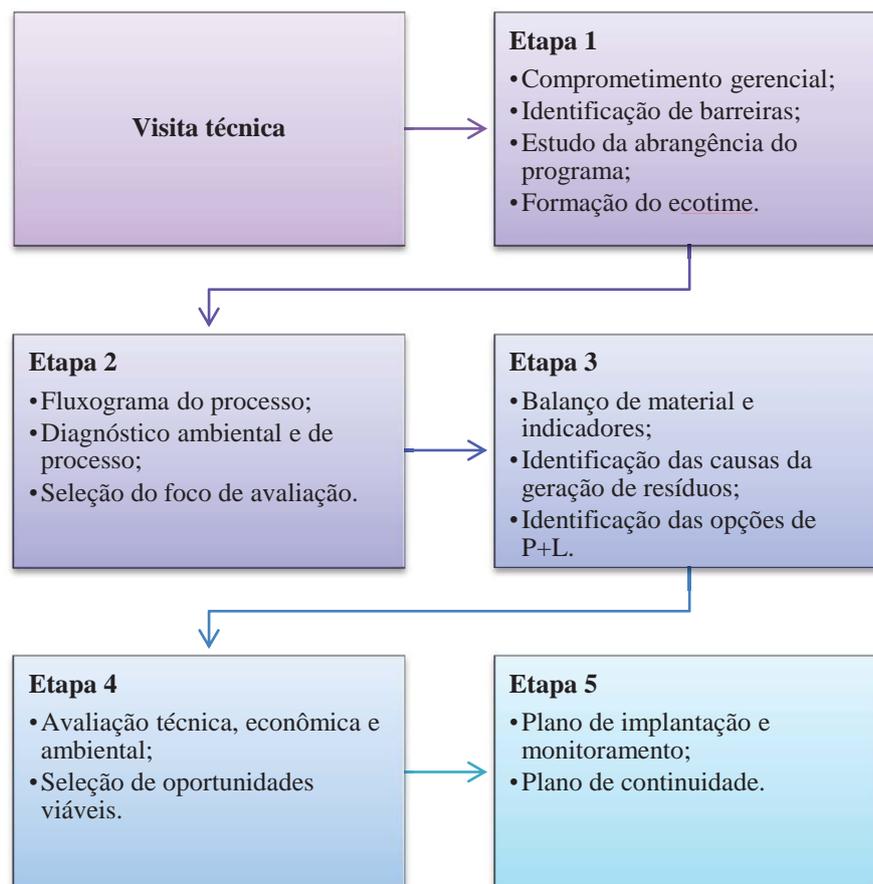
Fonte: CNTL (2015)

#### 2.2.4 Estrutura metodológica do Programa de Produção mais Limpa do CNTL (2007b)

A metodologia da Produção mais Limpa, proposta pelo CNTL (2007b), indica que o primeiro passo para a implementação do programa é a pré-sensibilização do público alvo, ou seja, empresários e gerentes. Por meio de uma visita técnica com a exposição de casos bem-sucedidos, deve-se ressaltar os benefícios econômicos e ambientais com a sua implementação. Segundo o CNTL (2007b), é preciso deixar claro que o sucesso da implementação da ferramenta é proporcional ao comprometimento gerencial da empresa.

Após a fase de pré-sensibilização poderá se dar início ao processo de implementação da metodologia, que poderá ser própria ou por meio de instituições que possam apoiá-la. Para o CNTL (2007b), um programa de implementação de Produção mais Limpa deve seguir os passos representados na Figura 8.

Figura 8 - Passos para implementação do programa de P+L



Fonte: Adaptado de CNTL (2007b)

A descrição das cinco etapas propostas pela metodologia do CNTL (2007b) foram apresentadas na sequência.

#### 2.2.4.1 Etapa 1 – Planejamento e organização

Esta etapa inicial contempla a obtenção do comprometimento gerencial, a identificação das barreiras de implementação, bem como a busca de soluções, o estabelecimento da amplitude do programa e a formação do Ecotime. Estes itens são descritos nos itens a seguir:

- a) Obtenção do comprometimento gerencial, fundamental para garantir o sucesso do programa, já que uma obtenção de resultados consistentes depende decisivamente do comprometimento da empresa com o programa;
- b) Identificação de barreiras à implementação e busca de soluções, uma vez que para o programa ter um bom andamento, é essencial que sejam identificadas as barreiras que serão encontradas durante o desenvolvimento do mesmo, buscando soluções adequadas para superá-las;
- c) Estabelecimento da amplitude do programa de Produção mais Limpa definindo a abrangência em conjunto com a empresa, considerando a possibilidade de inclusão de todas as áreas da empresa ou se iniciará em um setor crítico etc.;
- d) Formação do Ecotime, que é um grupo de trabalho formado por profissionais da empresa, que tem por objetivo a condução do programa, sendo sua função: realizar o diagnóstico, implantar o programa, identificar oportunidades e implantar medidas de produção mais limpa, monitorar e dar continuidade ao programa.

#### **2.2.4.2 Etapa 2 – Pré-avaliação e Diagnóstico**

Esta etapa abrange o estudo do fluxograma do processo produtivo, a realização do diagnóstico ambiental e de processo e a seleção do foco de avaliação, conforme descrito nos itens a seguir:

##### **a) Fluxograma do processo**

É considerada a análise detalhada do fluxograma, de forma que permita a visualização do fluxo qualitativo de matéria-prima, água e energia no processo produtivo, além da visualização da geração de resíduos durante o processo, agindo como uma ferramenta para obtenção dos dados necessários para a formação de uma estratégia de redução de geração de resíduos, efluentes e emissões;

### **b) Diagnóstico ambiental e de processo**

Deve realizar o levantamento dos dados quantitativos de produção e ambientais existentes, utilizando fontes disponíveis, como por exemplo, as estimativas do setor de compras, etc., sendo os itens de análise: a quantificação de entradas (matérias-primas, água energia e outros insumos), com maior enfoque para água e energia, mas sem detalhar por etapa do fluxograma; a quantificação de saídas (resíduos, efluentes, emissões, subprodutos e produtos), mas sem detalhar por etapa do fluxograma; os dados da situação ambiental da empresa; e os dados referentes à estocagem, armazenamento e acondicionamento, além da elaboração da planilha dos principais aspectos ambientais envolvidos;

### **c) Seleção do foco de avaliação**

Obtidas informações do diagnóstico ambiental, será selecionado entre todas as atividades e operações da empresa, o foco do trabalho. Tais informações são analisadas considerando os regulamentos legais, a quantidade de resíduos gerados, a toxicidade dos resíduos e custos envolvidos. Se a empresa tem um determinado prazo para cumprir um auto de infração, será priorizado o item regulamentos legais.

### **2.2.4.3 Etapa 3 – Avaliação de Produção mais Limpa**

Esta etapa aborda a análise quantitativa de entradas e saídas e o estabelecimento de indicadores, a identificação das causas da geração de resíduos e a identificação das opções de Produção mais Limpa, descritos nos itens a seguir:

#### **a) Análise quantitativa das entradas e saídas e estabelecimento de indicadores**

Esta fase é iniciada com o levantamento dos dados quantitativos mais detalhados do que nas etapas do processo priorizadas durante a atividade de seleção do foco da avaliação. Os itens avaliados são os mesmos da atividade de realização do diagnóstico ambiental e de processo, o que possibilita a comparação qualitativa entre os dados

existentes antes da implementação do Programa de Produção mais Limpa e aqueles levantados pelo programa, os quais são evidenciados:

1. Análise quantitativa de entradas e saídas;
2. Quantificação de entradas (matérias-primas, água, energia e outros insumos);
3. Quantificação de saídas (resíduos, efluentes, emissões, subprodutos e produtos);
4. Dados da situação ambiental da empresa; e
5. Dados referentes à estocagem, armazenamento e acondicionamento de entradas e saídas.

#### **b) Identificação das causas da geração de resíduos**

Os dados levantados no balanço material (quantificação) possibilitarão a avaliação das causas de geração dos resíduos na empresa, pelo Ecotime. Os principais fatores na origem dos resíduos e emissões podem ser:

1. **Operacionais:** consumo de água e energia não conferidos, acionamento desnecessário ou sobrecargas de equipamentos, falta de manutenção preventiva, etapas desnecessárias no processo, falta de informações de ordem técnica e tecnológica, etc.;
2. **Matérias-primas:** uso de matérias-primas de menor custo, abaixo do padrão de qualidade, falta de especificação de qualidade, deficiência no suprimento, sistema inadequado de gerência de compras, armazenagem inadequada, etc.;
3. **Produtos:** proporção inadequada entre resíduos e produtos, design impraticável do produto, embalagens inadequadas, produto composto por matérias-primas perigosa, produto de difícil desmontagem e reciclagem, etc.;
4. **Capital:** escassez de capital para investimento em mudanças tecnológicas e de processo, foco exagerado no lucro sem preocupação na geração de resíduos e emissões, baixo capital de giro, etc.;
5. **Causas relacionadas a resíduos:** inexistência de separação de resíduos, desconsideração pelo potencial de reúso de determinados resíduos, não há recuperação de energia nos produtos resíduos e emissões, etc.;

6. **Recursos humanos:** recursos humanos não qualificados, falta de segurança no trabalho, exigência de qualidade – treinamento inexistente ou inadequado, trabalho sob pressão, dependência crescente de trabalho eventual e terceirizado, etc.;
7. **Fornecedores / parceiros comerciais:** compra de matéria-prima de fornecedores sem padronização, falta de intercâmbio com os parceiros comerciais, busca somente do lucro na negociação, sem preocupação com o produto final, etc.;
8. **Know-how/processo:** má utilização dos parâmetros de processo, uso de tecnologias de processo ultrapassadas, etc.

### c) **Identificação das opções de Produção mais Limpa**

Com base nas causas de geração de resíduos já descritos, nesta fase do programa é possível propor modificações em vários níveis de atuação e aplicar estratégias visando ações de Produção mais Limpa, seguindo a ordem de priorização estabelecida:

1. **Nível 1:** por meio da redução na fonte, com a modificação no produto ou no processo (boas práticas de produção mais limpa, substituição de matérias-primas e modificação tecnológica),
2. **Nível 2:** reciclagem interna; e
3. **Nível 3:** reciclagem externa e ciclos biogênicos.

#### 2.2.4.4 **Etapa 4 – Estudos de viabilidade**

Nesta etapa é considerada a avaliação técnica, econômica e ambiental e a seleção das oportunidades viáveis.

##### a) **Avaliação técnica, ambiental e econômica:**

O programa propõe que em todas as fases a meta seja sempre o aproveitamento eficiente das matérias-primas, água, energia e outros insumos, por meio da não geração, minimização, reciclagem interna e externa.

Na avaliação técnica é importante considerar:

1. O impacto da medida proposta sobre o processo, produtividade, segurança, etc.;
2. Os testes de laboratório ou ensaios quando a opção estiver mudando significativamente o processo existente;
3. As experiências de outras companhias com a opção que está sendo estudada;
4. Todos os funcionários e departamentos atingidos pela implementação das opções;
5. As necessidades de mudanças de pessoal, operações adicionais e do pessoal de manutenção, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas.

Na avaliação ambiental é destacada:

1. A quantidade de resíduos, efluentes e emissões que será reduzida;
2. A qualidade dos resíduos, efluentes e emissões que tenham sido eliminados, verificando se estes contêm menos substâncias tóxicas e componentes reutilizáveis;
3. A redução na utilização de recursos naturais.

Na avaliação econômica são considerados:

1. Os investimentos necessários;
2. Os custos operacionais e receitas do processo existente e os custos operacionais e receitas projetadas das ações a serem implantadas;
3. A economia da empresa com a redução/eliminação de multas.

**b) Seleção das oportunidades viáveis:**

Os resultados encontrados durante as atividades de avaliação técnica, ambiental e econômica possibilitarão a seleção das medidas viáveis de acordo com os critérios estabelecidos pelo Ecotime.

### **2.2.4.5 Etapa 5 – Implementação**

A última etapa constitui-se do plano de implementação, monitoramento e do plano de continuidade:

#### **a) Plano de implementação**

Após a seleção das opções de Produção mais Limpa viáveis, será traçada a estratégia para implementação das mesmas. Nesta etapa é importante considerar:

1. As especificações técnicas detalhadas;
2. O plano adequado para reduzir tempo de instalação;
3. Os itens de dispêndio para evitar ultrapassar o orçamento previsto;
4. A instalação cuidadosa de equipamentos;
5. A realização do controle adequado sobre a instalação; e
6. A preparação da equipe e a instalação para o início da operação.

#### **b) Sistema de monitoramento das medidas a serem implantadas**

Nesta etapa é essencial considerar:

1. Quando devem acontecer as atividades determinadas;
2. Quem é o responsável por estas atividades;
3. Quando são esperados os resultados;
4. Quando e por quanto tempo monitorar as mudanças;
5. Quando avaliar o progresso;
6. Quando devem ser assegurados os recursos financeiros;
7. Quando a gerência deve tomar uma decisão;
8. Quando a opção deve ser implantada;
9. Quanto tempo deve durar o período de testes;
10. Qual é a data de conclusão da implementação.

### c) **Plano de continuidade**

Por fim, após a aplicação das etapas e atividades descritas anteriormente, o programa de Produção mais Limpa pode ser considerado como implementado. Neste momento é importante não somente avaliar os resultados obtidos, mas, sobretudo, criar condições para que o programa tenha sua continuidade assegurada por meio da aplicação da metodologia de trabalho e da criação de ferramentas que possibilitem a manutenção da cultura estabelecida, bem como sua evolução em conjunto com as atividades futuras da empresa.

#### **2.2.5 Estudos de caso em canteiros de obra, antes e depois da implementação do programa de Produção mais Limpa**

A seguir, são apresentados alguns estudos de casos bem-sucedidos com a implementação do programa de Produção mais Limpa em canteiros de obra, de fontes como CNTL (2007b) e (2007c) e CBIC (2012).

##### **2.2.5.1 Minimização do desperdício de tijolos na etapa de alvenaria (CNTL, 2007b)**

O estudo realizado na empresa Arquisul, alocada na cidade de Porto Alegre-RS, que tem como principais produtos edificações residenciais e comerciais, realizou o acompanhamento do fluxo dos tijolos dentro do canteiro de obras, desde a sua entrada, até o assentamento nas alvenarias, o qual teve como finalidade minimizar a quantidade de geração de resíduos nessa etapa de obra, conforme verificado na Figura 9. A meta da empresa é a redução em 4% das perdas, valor este considerado satisfatório para a mesma. Porém, até o momento da realização da pesquisa, a meta ainda não teria sido atingida, mas permanecia em análise.

Os principais benefícios obtidos até o momento da realização da pesquisa foram: econômicos, com a redução de R\$ 2.097,02 (dois mil e noventa e sete reais e dois centavos) em relação à quantidade de matéria-prima adquirida anteriormente, para a mesma atividade; e ambientais, com 27 m<sup>3</sup> a menos de geração de resíduos de tijolos, que teriam de ser transportados e dispostos, gerando novos custos, e também, a redução

no consumo de tijolos em 9.900 unidades, que também deixaram de ser adquiridos, transportados e armazenados.

Outros benefícios destacados pelo CNTL (2007b) foram com a segurança e saúde ocupacional no canteiro de obras, por meio da redução de todo e qualquer problema que possa ser gerado com o manuseio inadequado desses tijolos; por exemplo, a possibilidade de quebra dos blocos e a consequência de possíveis acidentes aos funcionários; além da geração de poeira, danos ergonômicos gerados com o transporte, etc.

Figura 9: Imagens de antes e depois da implementação da Produção mais Limpa



Fonte: CNTL (2007b)

Os indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram: o consumo de tijolos por área executada, a geração de resíduo por área executada, o custo de material por área executada e o custo da geração de resíduos por produção de área.

#### **2.2.5.2 Redução da geração de resíduo cerâmico por meio da melhoria do processo (CNTL, 2007c)**

A construtora R. Correa, alocada no município de Porto Alegre, tendo como principais produtos apartamentos (imóveis) utiliza blocos cerâmicos como elemento da alvenaria de vedação do edifício em estudo. Estes blocos cerâmicos são comprados em unidades e entregues pelo fornecedor em paletes. Foi constatado pelo engenheiro da obra que muitos blocos chegavam ao canteiro já quebrados, devido ao transporte externo (fornecedor-obra). Estes blocos eram repostos pelo fornecedor, sem custo

econômico adicional para a construtora, porém, esta arcava com os transtornos gerados por este resíduo.

Também foi observado que no transporte interno, do local de estoque dos blocos até o local de aplicação dos mesmos, ocorriam quebras. Estas perdas se davam devido à mão de obra que transportava o material de maneira inadequada e/ou sem cuidado algum. Por fim, notava-se que durante a aplicação também aconteciam perdas, sendo estas geradas por falta de qualidade do serviço e problemas de projeto.

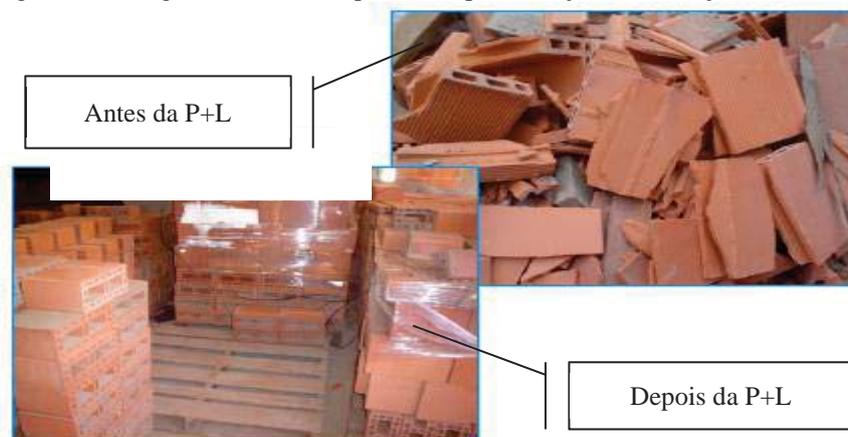
Após mapeadas as etapas do processo geradoras de resíduos, foram feitas as medições das perdas. Uma primeira verificação era feita quando os blocos chegavam à obra. Uma segunda, durante o transporte interno, e uma última no local de aplicação. Os dados obtidos foram os seguintes:

- Blocos que chegavam quebrados: 8,2%;
- Blocos quebrados durante o transporte interno: 6,0%;
- Blocos quebrados durante e aplicação: 7,5%.

Como estes números foram considerados muito altos, resultando uma perda total de mais de 20%, foram estudadas alternativas de melhorias para o processo, tais como:

- Treinamento da mão de obra,
- Melhoria de equipamentos de transporte;
- Parceria com o fornecedor, conforme resultado apresentado na Figura 10, ao adotar o transporte paletizado, e;
- Fixadas metas a serem atingidas, como a redução pela metade dos índices de perda verificados.

Figura 10 - Imagens de antes e depois da implementação da Produção mais Limpa



Fonte: CNTL (2007c)

As mudanças foram motivadas pela geração de resíduos e, portanto, perdas durante o processo. Com a redução da geração de resíduo, a empresa se motivou a buscar a melhoria no processo nas próximas obras.

Não houve investimento econômico, apenas constatados benefícios ao realizar uma projeção para o caso de se executar as melhorias necessárias no processo. Considerando-se que um valor de perda aceitável fosse de 13%, ter-se-ia um benefício econômico para esse empreendimento de R\$ 6.093,77.

### **2.2.5.3 Comparação entre o uso da argamassa industrializada e a convencional (CNTL, 2007c)**

O estudo foi realizado na empresa CFL Construções, alocada na cidade de Porto Alegre-RS, tendo como principais produtos empreendimentos residenciais. Nas obras realizadas pela empresa, a argamassa é feita de forma convencional, ou seja, virada na obra. A betoneira fica no andar em que a argamassa será aplicada e a matéria-prima é levada ao seu encontro. A argamassa pronta é então aplicada na alvenaria. O objetivo do estudo é comparar as vantagens e as desvantagens do processo convencional e do processo industrializado

Os principais indicadores utilizados para a avaliação desse estudo foram: o consumo total de materiais por produção de argamassa, o consumo de argamassa por área de aplicação, a geração de resíduo de embalagens por produção de argamassa e o custo total do revestimento por área aplicada.

Inicialmente, com a utilização da argamassa industrializada, os resultados apontaram o aumento do custo da atividade em R\$ 2.442,27 (dois mil quatrocentos e quarenta e sete reais e vinte e sete centavos) em relação à argamassa virada em obra, considerando os custos com matéria-prima e mão de obra. No entanto, é possível obter redução nos custos, utilizando uma espessura menor de reboco na parede, característico da argamassa industrializada, e o aumento da produtividade.

Quanto aos benefícios ambientais, é destacado que a argamassa industrializada consome aproximadamente 15.504 kg a menos de areia que a virada em obra. Porém, a geração de resíduos de embalagens de papelão da argamassa industrializada é aproximadamente 2,5 vezes maior que a virada em obra.

#### **2.2.5.4 Substituição de blocos cerâmicos por blocos de concreto, beneficiando o resíduo “Classe A”, para reaproveitamento em diversos serviços de obra (CBIC, 2012)**

Ganhadora do prêmio CBIC de Inovação Tecnológica com a 18ª edição do Concurso Falcão Bauer, em 2007, a construtora, Pontal Engenharia, aplicou o princípio 5Rs (repensar, recusar, reduzir, reusar e reciclar) em seu projeto de Produção Mais Limpa e Sustentável. Como resultados, obteve economia de materiais e recursos naturais e o melhor gerenciamento dos resíduos. No entanto, com o processo construtivo convencional de alvenaria com bloco cerâmico o índice de resíduo “Classe A” descartado se estabilizou em 130 kg/m<sup>2</sup> construído, abaixo da média nacional de 150 kg/m<sup>2</sup>, mas ainda um alto índice de desperdício.

Para lidar com isso, a Pontal instituiu o projeto “Produção Mais Limpa e Sustentável com Resíduo Zero”. Nele optou-se por mudar o processo construtivo – substituindo blocos cerâmicos por blocos de concreto a fim de beneficiar o resíduo “Classe A” (ex.: argamassas, blocos, concretos etc.) para reaproveitamento como agregado em diversos serviços de obra (ex.: rebocos, contrapisos, chapisco etc.). Para isso, a empresa instituiu um ciclo fechado de produção, no qual seus resíduos “Classe A” passaram a ser corretamente segregados e utilizados na linha de produção de blocos de concreto. Este processo melhorou a qualidade do seu produto final e reduziu a geração de resíduos.

Além disso, a inovação no processo produtivo permitiu o reaproveitamento de argamassa interna e externa, pela melhoria do processo construtivo e do processo de segregação de resíduos (coleta seletiva) na fase de revestimento, garantindo a economia de 2 pavimentos tipo feitos internamente com argamassa de reaproveitamento. Com a política de desperdício zero, adotou um modelo de fiscalização no qual dimensiona melhor os traços para diminuir o desperdício “invisível” que fica incorporado ao produto, além da compra do triturador de entulhos.

Os resultados obtidos são significativos: na construção do Pontal das Brisas o índice de descarte está em 41,31 kg/m<sup>2</sup> construído, 68% menor que a média da empresa. No Pontal das Estrelas – em fase de estrutura – o índice é de menos de 2 kg/m<sup>2</sup>, uma redução de 98%. Em termos financeiros, a empresa obteve até o momento uma economia de mais de R\$ 300 mil para uma obra de cerca de 21 mil m<sup>2</sup> ainda em

construção, decorrente da soma da redução dos custos com disposição de resíduos, com o uso de caçambas e com a recompra de materiais.

Os excelentes resultados obtidos garantiram a continuidade do projeto nos empreendimentos posteriores da construtora, aprimorando-o continuamente. Com isso, a Pontal atingiu outras metas, como a do cumprimento da legislação ambiental Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) e do atendimento aos requisitos da Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS (BRASIL, 2010), e ainda a consolidação da prática da logística reversa.

Os passos adotados pela empresa, para a implementação do projeto de Produção mais Limpa foram:

- Passo 1: Envolvimento da alta direção da empresa no processo – destacam a importância do engajamento da alta administração para garantir que o projeto esteja alinhado com os objetivos estratégicos da empresa;
- Passo 2: Conscientização dos colaboradores em nível operacional - o sucesso do programa depende da adequada execução das atividades pelos colaboradores, por isso é necessário conscientizá-los sobre sua importância;
- Passo 3: Avaliação do processo construtivo - deve-se avaliar diferentes alternativas para verificar qual delas pode produzir a menor quantidade de resíduos. Por exemplo: a Pontal verificou ganhos significativos na especialização em produtos à base de cimento;
- Passo 4: Adequação da empresa ao processo construtivo selecionado - deve ser feito o treinamento técnico da equipe e readequação da logística para minimizar a geração de resíduos e tratá-los corretamente;
- Passo 5: Organização do processo de reutilização dos resíduos - o processo deve ser explicitado, com a aquisição dos equipamentos necessários (ex.: triturador de resíduos, máquina para fabricação dos blocos/canaletas de concreto etc.).

A construtora observa como lições aprendidas os seguintes itens:

- Planejamento da nova logística do canteiro: não deve haver prejuízo aos fluxos de materiais na obra;

### 3 MÉTODO DA PESQUISA

Este capítulo tem por objetivo classificar a pesquisa do ponto de vista dos procedimentos adotados, objetivos, forma de abordagem do problema e sua natureza, caracterizar a alocação, construtora e obra objeto de estudo, e também apresentar como foram realizados os procedimentos metodológicos.

#### 3.1 Classificação da pesquisa

A pesquisa científica visa o conhecer científico sob um ou mais aspectos de um determinado assunto. Deve ser um trabalho sistemático, metódico e crítico, já que o produto da pesquisa científica deve contribuir para o avanço do conhecimento humano. Na vida acadêmica, a pesquisa é um exercício que permite despertar o espírito de investigação diante dos trabalhos e problemas sugeridos ou propostos (PRODANOV; FREITAS, 2013).

A classificação da pesquisa varia de acordo com a interpretação dos estudiosos da área, e por esse motivo, existem diversas formas de classificá-la. Segundo Jung (2009), e Silva e Menezes (2005), além da classificação da pesquisa sob os aspectos quanto à natureza, objetivos e procedimentos, eles estabelecem também a forma de abordagem do problema, que pode ser qualitativa ou quantitativa. Sendo assim, a presente pesquisa é classificada da seguinte forma:

- a) Quanto aos procedimentos adotados é estudo de caso, pois envolve o estudo atividades executivas inseridas no processo da produção do edifício, de maneira que se permita o seu conhecimento detalhado.
- b) Quanto aos objetivos, conforme aponta Gil (2008), a pesquisa é exploratória, pois objetiva uma maior familiaridade com o problema. Isto ocorre não apenas no período de coleta de dados, quando a pesquisadora se insere no dia a dia do canteiro de obra para acompanhamento das atividades, como também na busca por referenciais teóricos e do estado da arte, para propor melhorias efetivas num processo que já se encontra consolidado;
- c) Quanto à forma de abordagem do problema, segundo Kauark, Manhães e Medeiros (2010), a pesquisa é quantitativa porque pode ser quantificável, o que significa traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las. Esta condição pode ser observada no processo de

quantificação de entradas e saídas de materiais e resíduos das atividades em análise, para compor informações de volume, massa e custos;

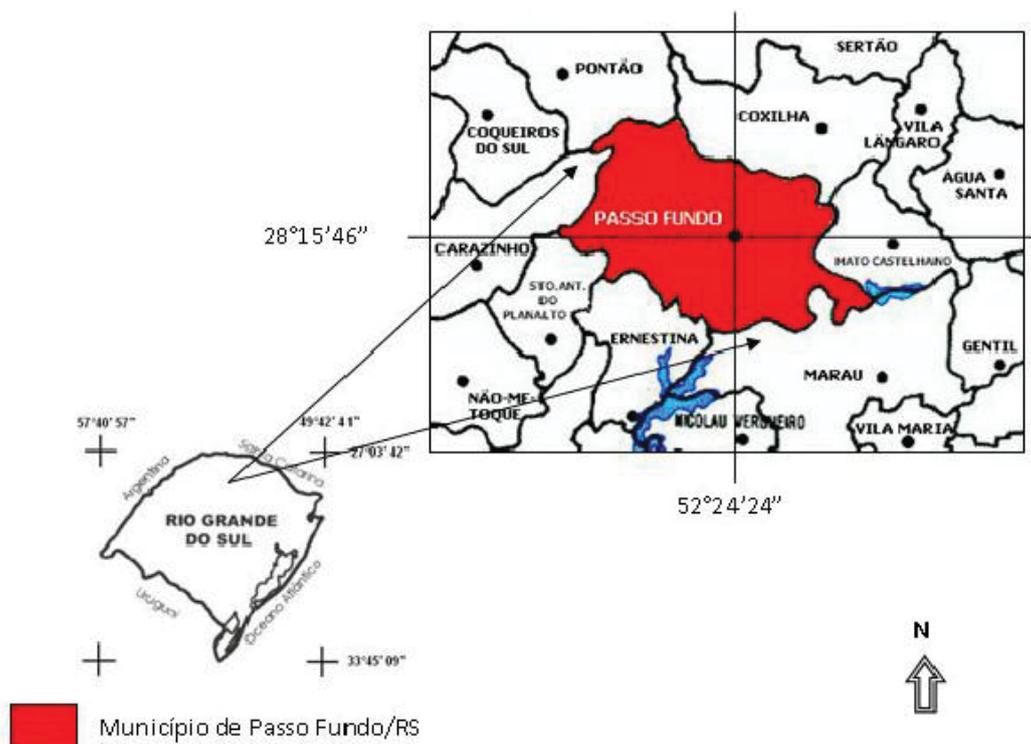
- d) Quanto a sua natureza, a pesquisa é aplicada, pois, assim como Silva e Menezes (2005) afirmam, esta tipologia objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigida à solução de problemas específicos; como é o caso da proposta de uso eficiente de materiais e redução da geração de resíduos, envolvendo alteração nos processos de produção.

## 3.2 Caracterização do objeto de estudo

### 3.2.1 Caracterização da cidade de Passo Fundo-RS

Localizado no Planalto Médio, na região norte do estado do Rio Grande do Sul, Brasil, conforme apresentado na Figura 11, o município de Passo Fundo, possui área territorial de 783,421 km<sup>2</sup> e uma população estimada em 195.620 habitantes. Passo Fundo é referência na região, atraindo anualmente milhares de pessoas em busca de recursos nas áreas de saúde, educação, prestação de serviços, emprego e moradia.

Figura 11: Localização geográfica do município de Passo Fundo-RS, ao norte do Estado do Rio Grande do Sul, sul do Brasil.



Fonte: Prefeitura Municipal de Passo Fundo (2014)

Na década de 1940 o município de Passo Fundo deu início ao processo de verticalização da área central, com a construção do primeiro prédio de apartamentos, Edifício Lângaro (GOSCH, 2005). Entre 1940 e 1960, a população urbana ultrapassava a população rural, até então maior. Houve uma redução na população total entre os anos de 1950 e 1960, quando foi formulado o primeiro plano diretor, em 1953; mas após este período, observou-se um crescimento da população total, que cada vez mais ocupa o espaço urbano, provocado pelo êxodo rural.

Na elaboração do II Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano - PDDU, em 1984, destacou-se o incentivo à verticalização da área central da cidade, com o objetivo de dar uma imagem de grande centro econômico, social e cultural ao município. Este incentivo é verificado no volume de construções executadas no período entre 1980 e 1999, quando quase três milhões de metros quadrados foram construídos, equivalentes a mais de 16.000 pavimentos. Desta forma, a cidade ganha uma nova escala e os prédios residenciais se consolidam como o novo ícone de estilo da vida moderna (SOBARZO, 2010).

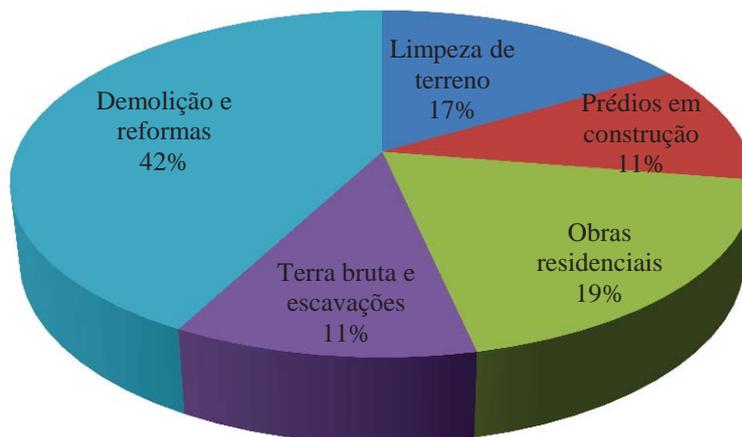
Esta tendência à concentração da verticalização no centro, incentivada pelo II PDDU, bem como em sua última revisão o Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado, de 2006, favoreceu o estímulo à construção e aos negócios imobiliários (SOBARZO, 2010). Desde então, obras de edifícios são inicializadas e finalizadas o ano inteiro, movimentando a economia da cidade. As construtoras que apostaram na especialização de obras no ramo da construção de edifícios, atendem a uma demanda constante do mercado imobiliário.

Quanto à geração de resíduos, de acordo com os dados do Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB (PASSO FUNDO, 2014a), o município possui uma estimativa de geração de Resíduos Sólidos Urbanos – RSU de aproximadamente 0,65 kg/hab/dia. Já para a geração de Resíduos de Construção Civil - RCC, segundo Bernardes et al. (2008), chegou-se a uma estimativa de aproximadamente 0,55 kg/hab/dia, o que caracteriza a proximidade dos valores de RSU e RCC gerados no município, em massa.

As quantificações de RCC gerados em Passo Fundo-RS e disponíveis na literatura, foram obtidas por Bernardes et al. (2008) entre os meses de julho, setembro e outubro de 2005. Estes dados foram demonstrados por meio de porcentagens, conforme apresentado na Figura 12. Os autores classificaram esses RCC de acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), e obtiveram o valor expressivo de

94,5% de resíduo “Classe A”. Para as Classes B e C as quantidades foram bem inferiores, 3,10% e 2,40% respectivamente. Resíduos de Classe D não foram evidenciados na referida pesquisa.

Figura 12 - Tipos e percentuais de RCC coletados em Passo Fundo-RS



Fonte: Adaptado de Bernardes et al. (2008)

Conforme informações disponíveis na pesquisa de Bernardes et al. (2008), os resíduos provenientes de argamassas, tijolos e concreto são os mais representativos, chegando a 25,4%, 24,5% e 20,4% respectivamente, para RCC provenientes de demolições e reformas e, 21,3%, 27,8% e 6,7% respectivamente, para RCC provenientes das obras residenciais.

### 3.2.2 Caracterização da Empresa construtora

A construtora responsável pela obra objeto de estudo, denominada por “Empresa”, iniciou suas atividades no ano de 1975 na cidade de Passo Fundo-RS, comercializando e administrando imóveis de terceiros. A expansão do mercado imobiliário no final da década de 70, a conduziu para o início das atividades no setor da construção civil. Ao longo destes anos de atuação, já executou mais de cinquenta prédios comerciais e residenciais, superando duzentos mil metros quadrados de área construída, com conceito elevado no mercado onde atua.

Além da construção de edifícios a Empresa já implantou vários loteamentos não apenas da cidade de origem, como região. Também executa infraestrutura de

pavimentação, redes de energia elétrica, hidráulica, de iluminação pública e de esgoto pluvial, somando até o momento mais de quatro mil terrenos.

A Empresa já apresenta iniciativas de melhorias, como é o caso da obtenção da certificação com base na norma NBR ISO 9.001:2008, revalidada no período da coleta de dados da pesquisa, e também participa do Programa Brasileiro de Qualidade e Produtividade no Habitat - PBQP-H, com certificação no nível A, em uma escala em que “A” é a melhor nota, no Sistema de Avaliação da Conformidade - SIAC.

A Empresa tem conhecimento dos requisitos legais aplicáveis na temática de resíduos, e busca se adequar sempre que necessário, uma vez que, para garantir uma certificação nível A do PBQP-H e ISO 9001, é necessário que este assunto esteja de acordo a quaisquer requisitos legais pertinentes às suas atividades. Os objetivos da qualidade voltados para garantia da sustentabilidade no canteiro de obra são avaliados por meio dos seguintes indicadores:

- a) **Indicador de geração de resíduos ao longo da obra:** volume total de resíduos descartados (excluído solo) por trabalhador por mês, medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em metros cúbicos de resíduos descartados pela quantidade de trabalhadores no período.
- b) **Indicador de geração de resíduos ao final da obra:** volume total de resíduos descartados (excluído solo) por metro quadrado de área construída, medido de modo acumulado ao final da obra em metros cúbicos de resíduos descartados por metro quadrado de área construída.
- c) **Indicador de consumo de água ao longo da obra:** consumo de água potável no canteiro de obras por trabalhador por mês, medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em metros cúbicos de água pela quantidade de trabalhadores no período;
- d) **Indicador de consumo de água ao final da obra:** consumo de água potável no canteiro de obras por metro quadrado de área construída, medido de modo acumulado ao final da obra em metros cúbicos de água por metro quadrado de área construída;
- e) **Indicador de consumo de energia ao longo da obra:** consumo de energia elétrica no canteiro de obras por trabalhador por mês, medido mensalmente e de modo acumulado ao longo da obra em quilowatts-hora de energia elétrica pela quantidade de trabalhadores no período;

- f) **Indicador de consumo de energia ao final da obra:** consumo de energia no canteiro de obras por metro quadrado de área construída, medido de modo acumulado ao final da obra em quilowatts-hora de energia elétrica por metro quadrado de área construída.

Mensalmente, são realizadas vistorias nas obras, onde são verificados vários itens, dentre os quais também é analisada a separação correta dos resíduos. A partir destas vistorias, é feito um *ranking* das obras, podendo estas ficarem com *status* “vermelho”, “amarelo” ou “verde”, conforme as constatações da vistoria. As obras classificadas como “verde” ganham uma premiação (são sorteados 5 vales compra de R\$ 100,00 entre todos os colaboradores da obra), e as obras que ficam com *status* “amarelo” ou “vermelho” não ganham este prêmio. Para ficarem “verdes”, elas tem que atender a um número mínimo de conformidade estabelecidos nos critérios propostos pela direção em conjunto com o corpo técnico da Empresa, que compreende a avaliação do *checklist* das vistorias realizadas pela equipe de qualidade em relação ao Planejamento, Qualidade e Segurança - PQS. Quanto mais não conformidades forem evidenciadas, maior a tendência do *status* para “vermelho”. A questão dos resíduos, dos materiais, da limpeza, e da organização da obra, são alguns dos itens avaliados.

Durante a realização da pesquisa, a Empresa possuía um quadro funcional composto por aproximadamente 440 funcionários, exercendo funções técnicas, administrativas e operacionais, enquadrando-se como uma empresa de médio porte, de acordo com a classificação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas - SEBRAE (2013).

### 3.2.3 Caracterização da obra

O Edifício em produção é do tipo comercial e residencial, composto por 15 (quinze) pavimentos. O pavimento térreo tem espaço para instalação de duas salas comerciais e o primeiro e segundo pavimentos foram projetados para estacionamentos, com 50 (cinquenta) vagas de garagens. Os outros 12 (doze) pavimentos, chamados de “pavimentos tipo”, possuem 7 (sete) apartamentos por andar, todos quitinetes com áreas semelhantes, em média 87,31 m<sup>2</sup>, totalizando 84 (oitenta e quatro) unidades autônomas residenciais. Sua produção conta com uma equipe variando em torno de 50 (cinquenta) técnicos e profissionais experientes nesta tipologia de construção.

A área de projeto contempla 6.223,66 m<sup>2</sup> de construção, num terreno que possui 1.064,40 m<sup>2</sup>. Sua produção iniciou em outubro de 2013 e tem previsão de término em outubro de 2016, completando 3 (três) anos de obra. No período da pesquisa, a obra se encontrava na fase de produção dos pavimentos tipo, conforme verificado na Figura 13. As áreas destinadas às salas comerciais e garagens, eram utilizadas como espaços de apoio para recebimento, estocagem e processamento intermediário de recursos materiais, separação de resíduos (exceto os de “Classe A”), áreas de vivência, escritório e almoxarifado.

A construção está localizada em uma região de elevada densidade populacional transitória, no centro da cidade de Passo Fundo-RS. Os cuidados com transeuntes, vizinhança e veículos que se deslocam constantemente no passeio público e faixa de rodagem, inclusive durante o período de recebimento de materiais, são assegurados pelo atendimento às normas regulamentadoras específicas e leis municipais, além dos procedimentos de segurança adicionais adotados pela Empresa.

Figura 13 – Fase de acompanhamento da obra: execução de pavimento tipo



Fonte: Próprio autor (2015)

### 3.3 Descrição da metodologia

A metodologia proposta pela pesquisa, apresentada por tópicos conforme Figura 14, está dividida em três etapas, cada uma subdividida em fases representadas pela letra “F”, acompanhada de sua respectiva atribuição. Além disso, as primeiras três fases da etapa 2, “Diagnóstico ambiental e de processo”, foram separadas por passos,

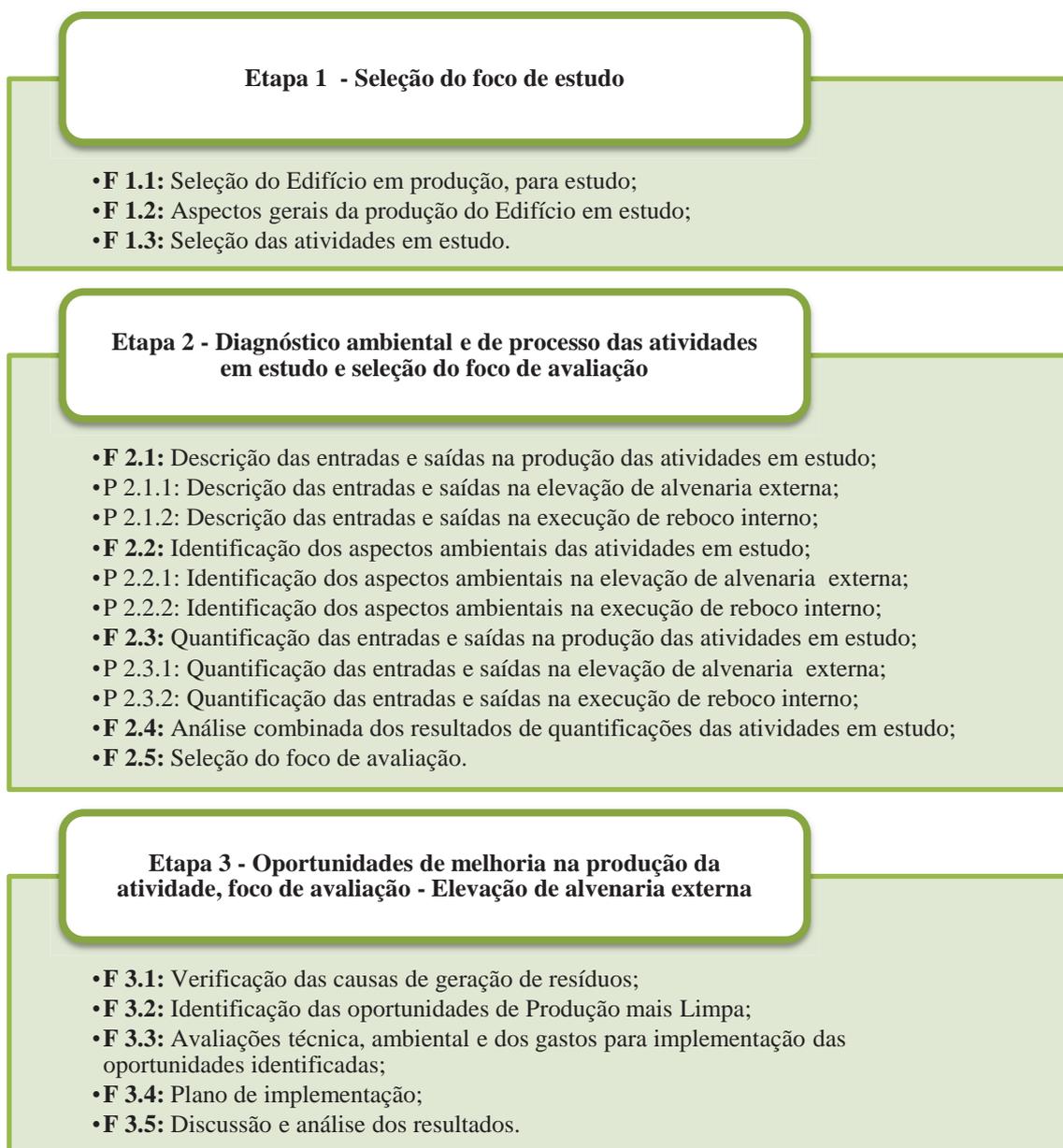
evidenciados pela letra “P”, no qual é descrito o processo utilizado para a coleta de dados de cada atividade em estudo, do canteiro de obra. O procedimento metodológico foi estruturado de forma a atender aos objetivos específicos, apresentados no capítulo 1 e também possibilitar a aplicabilidade das principais etapas de implementação do programa de Produção mais Limpa proposto pelo CNTL (2007b), apresentada na revisão bibliográfica, adaptadas para o presente trabalho.

As etapas do estudo de caso de caráter exploratório têm a finalidade de obter dados que possibilitem descrever os processos da obra do Edifício. Tais dados foram obtidos por meio da análise documental, reuniões com o engenheiro responsável pelo setor da qualidade da construtora, equipe técnica da obra, executores das atividades em estudo e equipe de apoio, além da observação direta no canteiro de obra.

A análise documental utilizada nos estudos de caso tem o objetivo de confirmar e valorizar as evidências oriundas de outras fontes (YIN, 2001). Para esta pesquisa, foram consultados e analisados documentos a fim de confirmar informações obtidas para descrição da obra e seus processos, dentre eles: cronogramas de execução da obra, projetos, memorial descritivo e instruções de execução de serviços.

As observações diretas das atividades em execução no período da pesquisa foram do tipo observações formais e informais de coleta de dados com imagens, conforme indica Yin (2001), ao considerar que as observações formais podem ser verificadas por meio da incidência de certos tipos de comportamento, como reuniões e trabalhos de fábrica, e as observações informais validadas por registros fotográficos.

Figura 14 - Estrutura metodológica para o desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Próprio autor (2015)

### 3.3.1 Etapa 1: Seleção do foco de estudo

#### Fase 1.1: Seleção do Edifício em produção, para estudo

Nesta fase foi realizada a primeira reunião com a gerência da Empresa, tendo como objetivo: a apresentação da proposta metodológica da pesquisa, disponibilidade por parte da Empresa em receber o auxílio desta ferramenta, informações das obras em execução e liberação para acesso aos seus canteiros e documentos.

Com essas aprovações, as visitas técnicas aos canteiros de obra da Empresa tiveram como objetivo: conhecer o canteiro de obras e suas equipes técnicas, apresentar a proposta da pesquisa para as equipes técnicas, verificar as atividades desenvolvidas no período e definir a obra para estudo. A apresentação desses dados foi descrita na forma de texto e de tabela.

### **Fase 1.2: Aspectos gerais da produção do Edifício em estudo**

Aqui buscou-se o conhecimento da obra em estudo, por meio de dados gerais da obra, localização, planejamento, recursos materiais e humanos, treinamentos e segurança do trabalho.

As informações foram obtidas por meio de documentos disponibilizados pela Empresa, reuniões com a equipe técnica, e verificações *in loco*. A apresentação desses dados foi descrita na forma de texto e com o organograma da obra

### **Fase 1.3: Seleção das atividades em estudo**

Primeiramente foram listadas as etapas da produção dos pavimentos “tipo” do Edifício em estudo, e respectivas atividades, conforme informações obtidas no cronograma de longo prazo da obra. Em seguida foram evidenciados os principais recursos materiais e resíduos resultantes em cada uma dessas atividades. Logo, foram destacadas as atividades em execução no período da coleta de dados, e por último definidas as atividades mais representativas para o estudo de caso.

As informações foram obtidas por meio de documentos disponibilizados pela Empresa e reuniões com a equipe técnica. A apresentação desses dados foi descrita na forma de texto e fluxograma.

## **3.3.2 Etapa 2: Diagnóstico ambiental e de processo das atividades em estudo e seleção do foco de avaliação**

### **Fase 2.1: Descrição das entradas e saídas na produção das atividades em estudo**

Após a definição das atividades em estudo, foi realizada nova visita à obra, para melhor compreensão das rotinas de produção, além da verificação de documentos, tais como: projeto do pavimento tipo, memorial descritivo e instruções de serviço.

As informações foram obtidas por meio do acompanhamento das atividades *in loco* e reuniões com a equipe técnica, para esclarecimento de dúvidas que surgiam. A apresentação dos resultados foi dividida em dois passos, cada um referente às atividades em estudo, que foram descritos na forma de texto, imagens e fluxogramas.

### **Fase 2.2: Identificação dos aspectos ambientais**

Buscou-se na literatura uma matriz de correlação entre atividades desenvolvidas em canteiros de obras e os respectivos aspectos ambientais. Em seguida, elaborou-se um quadro com os temas dos aspectos ambientais abordados na revisão de literatura da presente pesquisa, relacionando-os com as respectivas atividades em estudo, sob a análise do acompanhamento *in loco*. Assim foram identificados os aspectos considerados relevantes para o presente estudo.

A apresentação dos resultados foi dividida em dois passos, cada um referente às atividades em estudo, que foram descritos na forma de texto e quadros.

### **Fase 2.3: Quantificação de entradas e saídas na produção das atividades em estudo**

Nesta fase foi realizado o levantamento quantitativo das principais entradas e saídas das atividades em execução, no período estabelecido para a coleta de dados. Para isso, foi adotado o método de cálculo da taxa de geração, ou *Generation Rate Calculation* - GRC, que segundo Wu et al. (2014), é a metodologia mais usual para estimar quantidades de resíduos de construção e demolição, obtido por meio do conhecimento da sua produção por unidade, de uma atividade qualquer.

Foram descritos os procedimentos para a coleta de dados e a análise de consumo de materiais *versus* geração de resíduos, além de apresentar como foram realizados ensaios em laboratório para obter a densidade média dos resíduos. Para quantificar o consumo de materiais e a geração de resíduos, foram necessários os seguintes recursos:

- a) Carrinhos para transporte interno de tijolos, medidas 1,5x0,81x0,55 metros;
- b) Carrinhos para transporte interno de resíduos (girica), capacidade 70 litros;

- c) Caixa de armazenamento de argamassa utilizado para transporte vertical, capacidade 250 litros;
- d) Caixa de armazenamento de argamassa utilizada no serviço de elevação de alvenaria, capacidade 36 litros;
- e) Balde, capacidade 12 litros;
- f) Trena;
- g) Vassoura;
- h) Pá;
- i) Profissionais, ajudantes e equipe de apoio da obra;
- j) Planilhas para coleta de dados.

Para informações dos custos dos materiais e resíduos das atividades em estudo, foram consideradas aquelas disponibilizadas pelo representante da Empresa.

Foram necessários ensaios, realizados no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade de Passo Fundo, para identificação de densidade média dos resíduos de cascalhos de tijolos das amostras coletadas, bem como para verificação de percentuais de materiais de interesse para a pesquisa, em outras amostras também coletadas.

A apresentação dos resultados foi descrita na forma de texto, imagens, quadros, gráficos e fluxogramas.

#### **Fase 2.4: Análise combinada dos resultados de quantificação das atividades em estudo**

Nesta fase foram analisados os resultados das quantificações obtidos nos passos desenvolvidos na fase anterior, para as atividades em estudo. Primeiramente buscaram-se as relações de consumo de materiais e perdas (por resíduo), em litros, pela área de serviço executado, ou seja, para um pavimento tipo, de forma a padronizar as unidades e possibilitar a análise.

Esses dados foram então comparados, de forma que fosse possível visualizar a relação entre o consumo total de materiais e a geração total de resíduos “Classe A”, por atividade, e assim analisar a relação de perdas quantificadas para cada uma das atividades em estudo, e verificar qual demanda o maior índice de perdas. Os percentuais de participação nos custos envolvidos entre as saídas (resíduos – destinação e perdas)

também foram analisados visualmente, de forma que também foi possível verificar qual atividade que gera maior impacto nos custos, em função de suas perdas.

A apresentação desses resultados foi descrita na forma de texto, quadros e gráficos.

### **Fase 2.5: Seleção do foco de avaliação**

Por meio dos dados obtidos no desenvolvimento da presente etapa, foi possível identificar a atividade que possuía maior impacto ambiental e econômico na obra, e assim selecioná-la como foco de avaliação para a próxima etapa da pesquisa.

A apresentação desses resultados foi descrita na forma de texto.

### **3.3.3 Etapa 3: Oportunidades de melhoria na produção da atividade, foco de avaliação – Elevação de alvenaria externa**

#### **Fase 3.1: Verificação das causas de geração de resíduos**

Para verificação das causas de geração de resíduos da atividade selecionada, foram realizadas análises críticas das anotações realizadas durante o acompanhamento da atividade, na elaboração do diagnóstico ambiental e de processo. Dessa forma foi possível relacionar alguns fatores que contribuíssem.

A apresentação desses resultados foi descrita na forma de texto e imagens.

#### **Fase 3.2: Identificação das oportunidades de Produção mais Limpa**

Baseado nos resultados da verificação das causas de geração de resíduos da atividade foco de avaliação, considerando os níveis de atuação e estratégias evidenciadas no fluxograma da geração de opções de Produção mais Limpa do CNTL (2007b), foi possível propor uma lista de modificações na atividade em estudo.

A apresentação desses dados foi descrita na forma de texto, imagens e quadros.

#### **Fase 3.3: Avaliações técnica, ambiental e dos gastos para implementação das oportunidades identificadas**

Para as avaliações técnica e ambiental das oportunidades de Produção mais Limpa, identificadas na fase anterior, os seguintes questionamentos foram propostos, baseados na adaptação do CNTL (2007b):

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?
- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
- 7) A qualidade dos resíduos;
- 8) A redução na utilização de recursos naturais.

Para o levantamento dos possíveis gastos gerados com as oportunidades destacadas, dentro das limitações da pesquisa, foram realizados orçamentos e calculadas as quantidades e gastos conforme a necessidade da Obra.

### **Fase 3.4: Plano de implementação**

Os planos foram elaborados de forma a servir de referência para implementação das oportunidades de Produção mais Limpa estudadas. Para isso foi adotado como referência o ciclo PDCA, uma ferramenta de qualidade muito usada para facilitar no processo de mudanças nas empresas, envolvendo as etapas de planejamento, execução, checagem e ação.

Para auxiliar na elaboração da etapa de planejamento e ação, foi adotada outra ferramenta da qualidade, o *5W2H*, que é uma sigla em inglês, referente aos seguintes questionamentos: *What* (o que será feito - etapas); *Why* (por que será feito - justificativa); *Where* (onde será feito - local); *When* (quando será feito - tempo); *Who*

(por quem será feito - responsabilidade); *How* (como será feito - método); *How much* (quanto custará fazer - custo).

Para checagem, foi adotado um modelo de avaliação econômico e ambiental por metas de redução dos possíveis benefícios advindos com as oportunidades destacadas, servindo como indicadores de produção.

A apresentação desses resultados foi descrita na forma de texto, imagens e quadros.

### **Fase 3.5: Discussão e análise dos resultados**

Nesta última fase, foram analisados e discutidos os resultados obtidos com as oportunidades de melhoria na produção da atividade de elevação de alvenaria externa, citando estudos de caso em construtoras, apresentando benefícios com as implementações de oportunidades de Produção mais Limpa, além das análises de representantes da Empresa e de especialista da área.

A apresentação desses resultados foi descrita na forma de texto e quadro.

## **4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

Neste item são apresentados os resultados obtidos na pesquisa, conforme sequência metodológica proposta no item 3 deste documento, de forma a atender os objetivos específicos previamente estabelecidos.

### **4.1 Etapa 1: Seleção do foco de estudo**

#### **Fase 1.1: Seleção do Edifício em produção, para estudo**

A primeira reunião com a gerência da Empresa foi realizada no mês de março de 2015, e, por meio de uma conversa informal, foi apresentado o projeto de pesquisa. Após o aceite da direção, o Representante apresentou verbalmente as 8 obras em execução naquele período. Foi então definida a estratégia de escolha do canteiro, objeto de estudo, por meio das visitas técnicas *in loco*, que ocorreriam nos dias seguintes. Não foram considerados como possíveis focos de estudo as 4 obras que já encontravam-se em fase final de acabamento e entrega, 1 no início de marcações e instalações provisórias e 1 distante do centro da cidade, já que o foco era a execução dos pavimentos tipo, de obras alocadas no centro da cidade.

O Representante acompanhou a primeira visita aos 2 canteiros de obras passíveis de estudo. Primeiramente, se expôs a proposta e o método da pesquisa para as equipes técnicas em seus respectivos escritórios; em seguida, foram realizadas as visitas à obra, com acompanhamento dos respectivos responsáveis técnicos.

Nas visitas técnicas realizadas nos 2 canteiros de obras passíveis de estudo, foi verificado que um dos empreendimentos é composto por duas torres, uma em fase de instalações e acabamentos e a outra em fase de execução de estruturas, vedações verticais e instalações nos pavimentos tipo. O outro empreendimento, constituído de uma torre, também estava na fase de execução de estrutura, vedações verticais e instalações nos pavimentos tipo. As atividades com características semelhantes desenvolvidas em ambos os empreendimentos visitados, são apresentados no Quadro 5.

Quadro 5 - Semelhanças entre as obras da Empresa, evidenciadas na primeira visita técnica aos canteiros de obras em avaliação

Item observado	Descrição
Características gerais	Escritório da equipe técnica com licenças e documentos informativos expostas em painel, incluindo cronograma de longo prazo e <i>layout</i> do canteiro de obras, área de estocagem de materiais e baias identificadas para separação de resíduos, conforme classificação Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), no pavimento térreo, elevador de cremalheira, etc.
Estrutura de concreto	Recursos humanos: equipe constituída por carpinteiros e serventes, contratados em acordo com a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, comissionados por produção.
	Recursos materiais: estrutura de concreto armado moldado <i>in loco</i> com concreto usinado, montagem das ferragens por empresa terceirizada fora do canteiro de obras, conjuntos de formas de concreto compostas por placas de madeirite e madeira, lajes nervuradas com sistema RECUBE, escoramento misto metálico e de madeira, sendo a última em fase de extinção.
Vedações externas e internas	Recursos humanos: equipe constituída por várias duplas de pedreiros e serventes, contratados em regime CLT, comissionados por produção.
	Recursos materiais: tijolos cerâmicos e blocos de concreto celular em variadas dimensões, argamassa industrializada, com retardador de cura de 36 e 72 horas (dependendo da necessidade) para elevação de alvenarias e execução rebocos.
Instalações	Recursos humanos: equipes distintas para instalações elétricas, hidrossanitárias, ar condicionado e gás. Com regimes de contratação mista, CLT e por empreitada.
	Recursos materiais: tubulações de PVC corrugado e caixas metálicas para instalações elétricas, tubulações de PVC soldável para instalações de água fria, tubulações de PVC para instalações de esgoto, tubulações mistas para instalações de ar-condicionado e tubulações de PEX para instalações de gás.

Fonte: Próprio autor (2015)

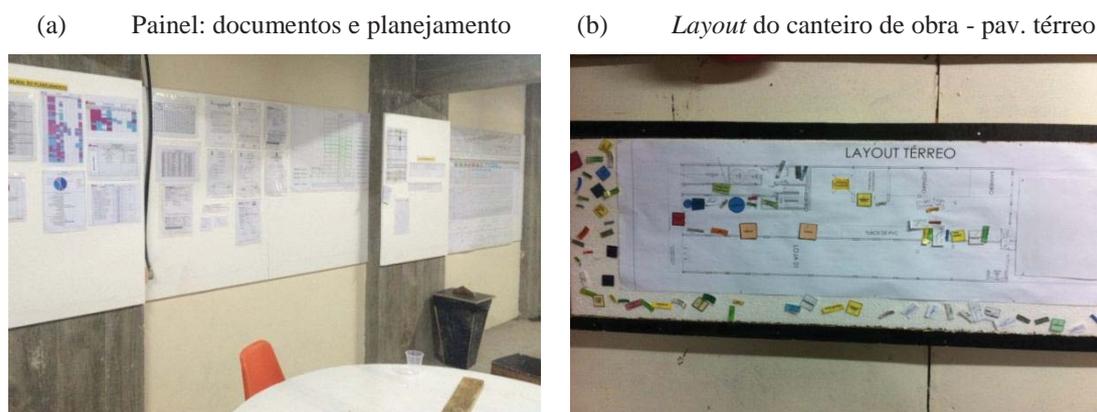
A seleção do empreendimento constituído por uma torre para realização do estudo de caso, a partir de agora identificado como “Edifício”, foi determinada em função da disponibilidade da equipe técnica em facilitar o acesso ao canteiro de obra e informações documentais, necessários para realização da pesquisa; além, é claro, do interesse demonstrado em adotar as estratégias de Produção mais Limpa, apresentada na primeira visita técnica.

### Fase 1.2: Aspectos gerais da produção do Edifício em estudo

O planejamento de longo prazo da produção do Edifício é realizado pela equipe técnica e de engenharia, por meio de diversas reuniões antes do início da construção do empreendimento. Também são realizados encontros semanais para acompanhamento do desenvolvimento das atividades, verificação de pendências e ações corretivas, e ainda para elaboração do cronograma de curto prazo. As reuniões de planejamento de médio

prazo estão em fase de implementação, e ocorrerão 1 (uma) vez por mês, compostas pelo responsável técnico, diretor de compras, representante da direção e representante do setor da qualidade, basicamente. O cronograma de longo prazo fica exposto no painel do escritório da obra, conforme se observa na Figura 15, juntamente com o *layout* do canteiro e documentos importantes, como licenças e anotações de responsabilidade técnica (ART), entre outros.

Figura 15 - Documentos expostos em painéis no escritório da obra.



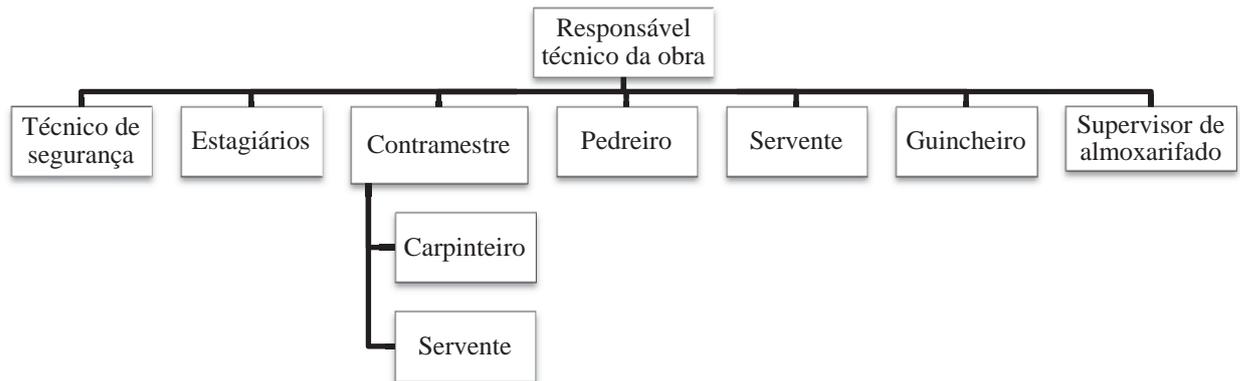
Fonte: Próprio autor (2015)

Quanto aos recursos materiais para produção da obra, destacam-se alguns itens como: o escoramento da supraestrutura, adotado até os pavimentos de garagens por escoramentos de madeira de eucalipto, e a partir do primeiro pavimento tipo, escoramento metálico; cada conjunto de formas de pilares e vigas do pavimento tipo foram confeccionadas com guias de madeira “pinus” e chapas de compensado, totalizando 3 (três conjuntos), empregados numa ordem sequencial de construção dos pavimentos, garantindo sua qualidade e uso durante toda produção da obra, com pequenas reposições; a partir da laje de forro do primeiro pavimento tipo, foi adotado o sistema de Cubetas Recuperáveis - RECUBE, para execução de laje nervurada; as alvenarias de vedação são do tipo convencional, de tijolos cerâmicos e blocos de concreto celular, sendo a argamassa utilizada para assentamento e reboco, do tipo industrializada, comercializada fresca.

Quanto aos recursos humanos, a estrutura organizacional da obra está dividida em 10 (dez) funções, conforme apresentado na Figura 16, composta em média por 50 (cinquenta) funcionários, durante o período de coleta de dados da pesquisa. Como a Empresa não tem o interesse de manter um quadro permanente de todas as atividades

executivas que compõe a produção do Edifício, ela subcontrata serviços que complementam sua construção, entre elas: fundações, montagem de ferragem realizada no canteiro da empresa contratada; instalações hidrossanitárias, gás, ar condicionado e parte das instalações elétricas; esquadrias metálicas; gesso; cerâmica de piso e parede; pintura; entre outros.

Figura 16 - Organograma da obra do Edifício



Fonte: Próprio autor (2015)

Ao serem contratados, os colaboradores recebem treinamento sobre a política de qualidade da Empresa, segurança do trabalho e Instruções de Serviço - ITS elaboradas pela Empresa, de acordo com suas respectivas atribuições laborais. Cada uma das ITSs contemplam itens como: serviços imediatamente anteriores, materiais e equipamentos necessários para a execução da atividade, procedimento de execução e inspeção e critérios de aceitação.

Além disso, são realizados treinamentos periódicos relacionados à segurança do trabalho, pela equipe de segurança da obra. Um consultor de segurança do trabalho presta serviço à equipe técnica local, por meio de visitas quinzenais, avaliando o canteiro de obra e notificando, quando necessário, segundo as normas regulamentadoras vigentes cabíveis e suas revisões.

### Fase 1.3: Seleção das atividades em estudo

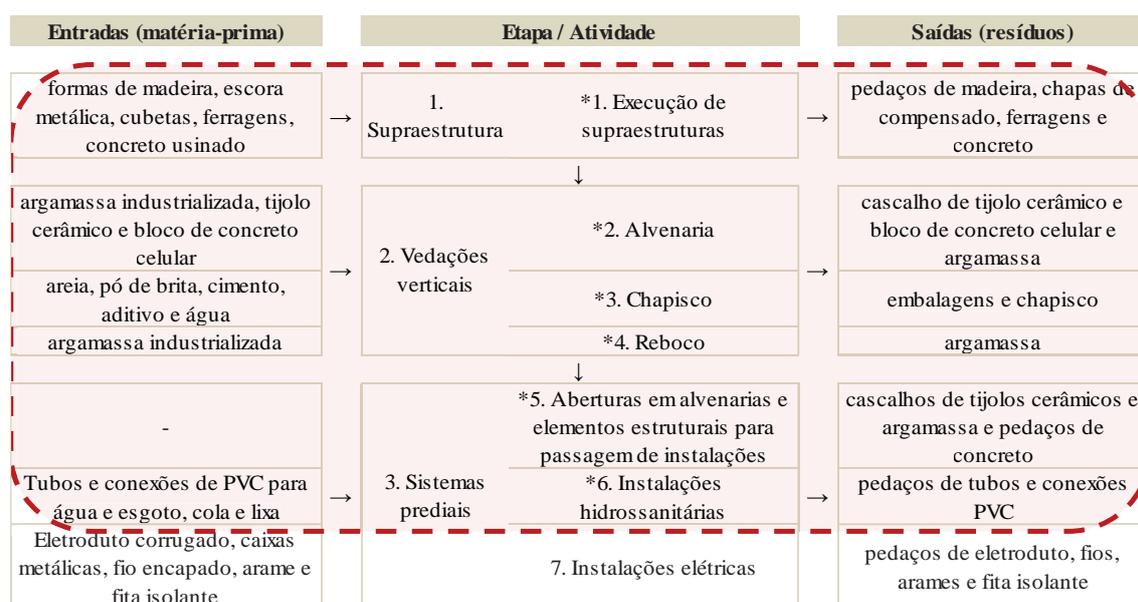
Primeiramente foram listadas as etapas da produção dos pavimentos tipo do Edifício em estudo, e respectivas atividades, conforme informações obtidas no cronograma de longo prazo da obra. Em seguida foram evidenciados os principais

recursos materiais e resíduos resultantes em cada uma dessas atividades. O resultado dessa listagem é apresentado no fluxograma qualitativo da Figura 17. Observa-se que os materiais menos significativos necessários para execução dessas atividades, assim como os equipamentos de transporte de materiais, ferramentas, Equipamentos de Proteção Coletiva - EPC e Equipamentos de Proteção Individual – EPI, não foram considerados nesse levantamento.

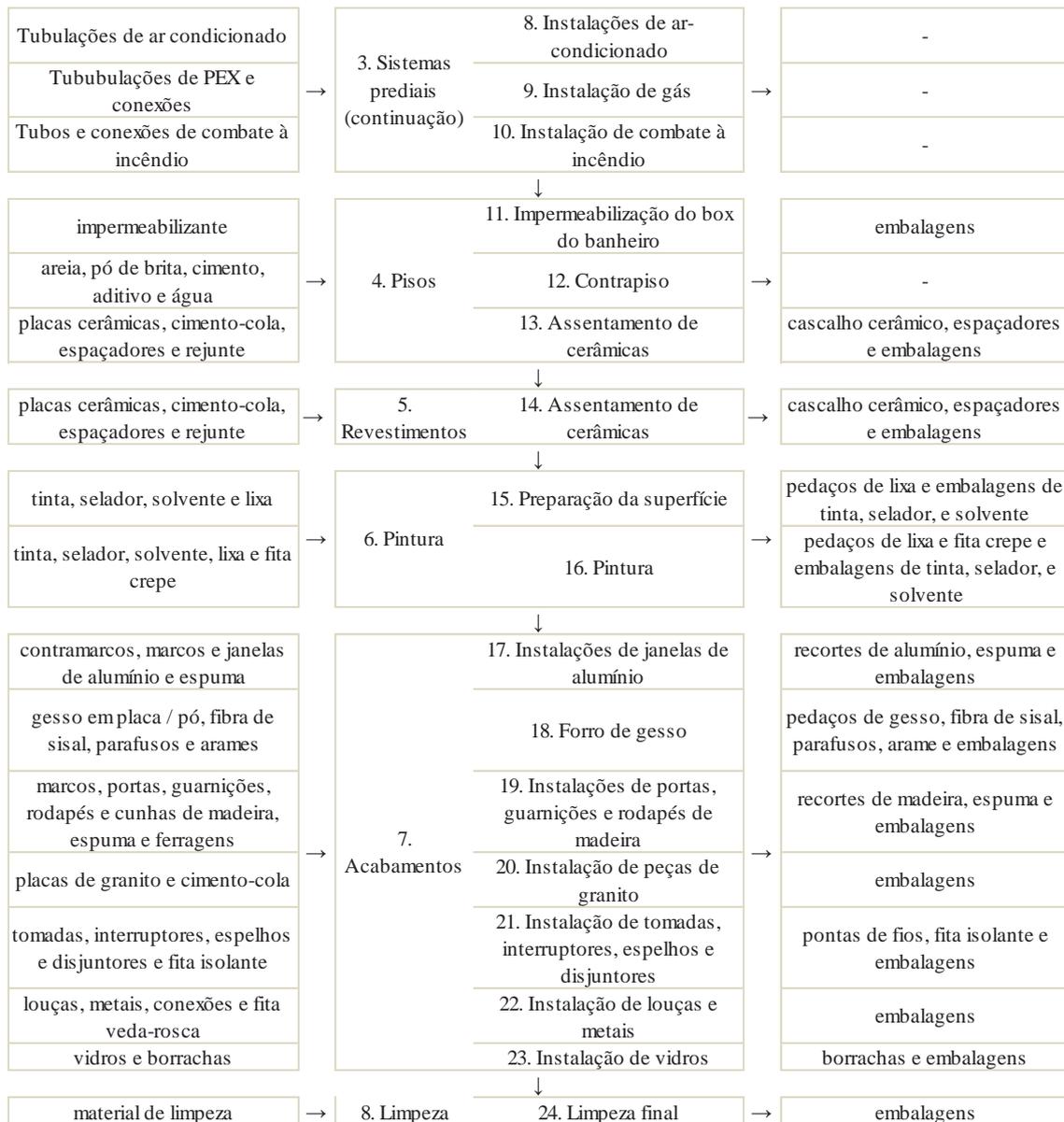
O destaque nas etapas de supraestrutura, vedações verticais e parte de sistemas prediais na Figura 17, é uma forma de evidenciar as atividades que se encontravam em execução no período do levantamento de dados da pesquisa. Porém, devido às limitações de recursos humanos para observação de outros serviços em execução no mesmo período, a pesquisa se restringiu ao estudo de duas dessas atividades: elevação de alvenaria externa e execução de reboco interno, conforme destacado na Figura 18.

As atividades selecionadas para o estudo têm como principais entradas argamassa industrializada e tijolos cerâmicos, e respectivas saídas de argamassa residual e cascalhos de tijolos. Analisando a pesquisa de Bernardes et al. (2008), que identificou esses mesmos materiais como dois dos resíduos mais representativos gerados nas construções residenciais da cidade de Passo Fundo-RS, bem como as pesquisas de Skoyles (1976), Pinto (1989) e Soibelman (1993), que destacam esses materiais, como alguns dos que mais representam índices de perdas, na mesma tipologia de construção, considera-se fundamentada a justificativa de tais seleções.

Figura 17 - Fluxograma qualitativo global de produção de pavimentos tipo

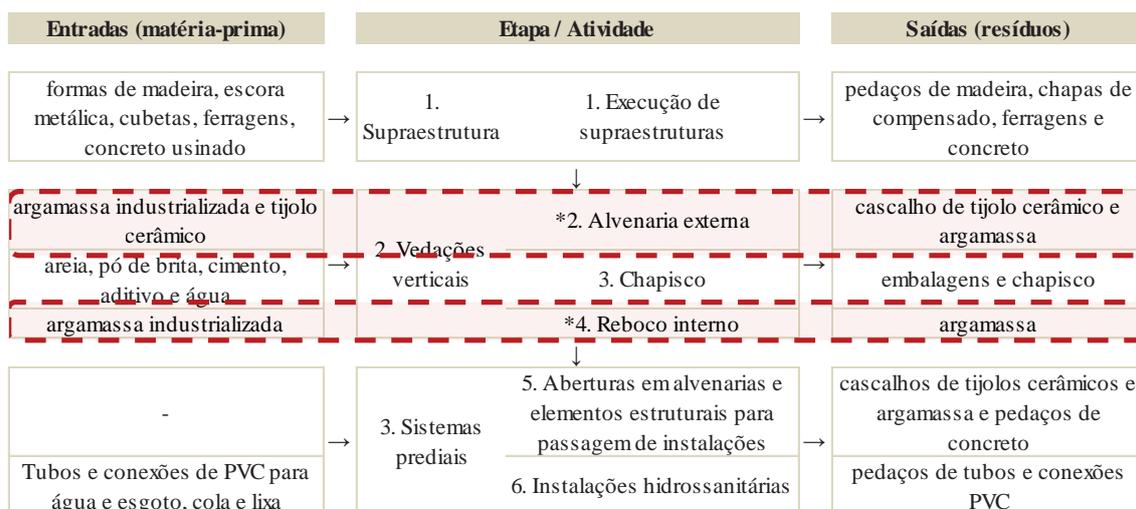


Continua...



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 18 - Fluxograma qualitativo das atividades em execução no período da coleta de dados



 \*Atividades selecionadas para o estudo

Fonte: Próprio autor (2015)

## 4.2 Etapa 2: Diagnóstico ambiental e de processo das atividades em estudo e seleção do foco de avaliação

### Fase 2.1: Descrição de entradas e saídas na produção das atividades em estudo

Das visitas à obra, reuniões e documentos verificados, tais como: projeto do pavimento tipo, memorial descritivo e instruções de serviço, foi possível realizar uma breve descrição de como ocorre o processo produtivo de cada uma das atividades em estudo, conforme apresentado nos passos seguintes.

No contexto geral, a obra não possui nenhum auto de infração ambiental e tem seus resíduos sólidos classificados e destinados a um local específico, conforme apresentado no Quadro 6. Para sua gestão, as etapas de caracterização, triagem e acondicionamento dos resíduos são previamente realizadas pela equipe de apoio (limpeza), no pavimento de trabalho, e encaminhadas para o pavimento térreo, onde é realizada a separação final nas baias identificadas, conforme apresentado na Figura 19, onde os resíduos são então acondicionados, aguardando destinação, até que acumule a quantidade suficiente para sua remoção.

Quadro 6 - Destinação dos resíduos sólidos gerados na obra atualmente.

<b>Resíduo</b>	<b>Classificação Resolução CONAMA nº 307/2002</b>	<b>Classificação NBR 10.004:2004</b>	<b>Destino</b>
Papel	Classe B	Classe II A	Reciclagem (cooperativas)
Madeira	Classe B	Classe II A	Doação para funcionários
Plástico	Classe B	Classe II A	Reciclagem (cooperativas)
Água de betoneira	-	-	Efluente líquido reaproveitado na limpeza do piso
Orgânicos	-	Classe II A	Coleta seletiva municipal
Entulho	Classe A	Classe II A	Aterramento do terreno local
Metais	Classe B	Classe II A	Retorno para empresa que confecciona as estruturas
Perigosos	Classe D	Classe I	Destinação conforme recomendações dos fabricantes

Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 19 - Baias identificadas para separação de resíduos



Fonte: Próprio autor (2015)

Os resíduos de entulho gerados na obra, os ditos “Classe A”, conforme classificação da Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), são utilizados para preenchimento do desnível do terreno da própria obra. Segundo informações do Representante da empresa, quando este espaço estiver esgotado, o entulho gerado será encaminhado para áreas de disposição designadas pelo órgão municipal, atendendo as orientações legislativas vigentes no período.

Quanto a não geração, redução e reciclagem interna de resíduos sólidos, não foi evidenciada nenhuma estratégia na obra. Quanto ao reúso, procuram reaproveitar a água de lavagem da betoneira para fins não potáveis, como na limpeza do piso do pavimento

térreo; já o reúso dos metais, ferro e aço, para usos diversos ao retornar para a empresa que confecciona as ferragens da obra.

Para reciclagem externa, de papel e plástico, além da destinação para cooperativas, com transporte sob responsabilidade da Empresa, atualmente alguns colaboradores transportam esses materiais para segregação particular e destinação direta para reciclagem, sem passar por cooperativa.

### **Passo 2.1.1: Descrição de entradas e saídas na elevação de alvenaria externa**

A Instrução de Serviço – ITS de execução de alvenaria, conforme pode ser verificado no ANEXO A, estabelece que o pavimento onde é realizado tal serviço, deve receber a quantidade e o tipo de tijolos e blocos necessários para a execução do serviço do dia, e ainda, que as inspeções de aceitação do serviço devem atender aos critérios de esquadro, prumo, dimensões das peças e vãos de portas e janelas.

Para elucidar a atividade em questão, são apresentadas sequências de ilustrações de como ocorre a entrada das principais matérias-primas até o posto de trabalho, a geração de resíduos, principalmente o “Classe A”, conforme classificação CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), e sua atual disposição ao fundo do terreno onde o Edifício é construído. A sequência apresentada na Figura 20 ilustra a entrada dos tijolos, já a entrada de argamassa fresca industrializada é apresentada na Figura 21. A Figura 22 apresenta as etapas contempladas na elevação de alvenaria, com respectivas descrições das entradas e saídas. Por fim, a Figura 23 apresenta as saídas dos principais resíduos gerados na atividade.

Figura 20 – Principais entradas para elevação de alvenarias – tijolos cerâmicos

(a) Recebimento dos tijolos cerâmicos na obra



(b) Estocagem de tijolos e blocos no pavimento térreo



Continua ...

(c) Transporte interno dos tijolos e blocos ao pavimento em elevação de alvenaria



(d) Recebimento dos tijolos no pavimento



(e) Estocagem de tijolos no pavimento



(f) Transporte de tijolos para plataforma de trabalho



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 21 - Principais entradas para elevação de alvenarias – argamassa

(a) Recebimento de argamassa industrializada na obra



(b) Transporte da argamassa do pavimento térreo para o pavimento de execução de alvenaria



Continua ...

(c) Recebimento da argamassa no pavimento em uso e transporte para carrinho de mão



(d) Transporte da argamassa para local de trabalho



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 22 - Fluxo de entradas e saídas das etapas da elevação de alvenarias

Entradas (matéria-prima)	Etapas	Saídas (resíduos)
-	<b>1. Preparação da superfície</b>	-
-	1.1. Limpeza da base	→ Particulados de concreto, fragmentos de madeira e concreto, soltos
Argamassa industrializada	→ 1.2. Chapisco dos pilares e vigas	→ Argamassa residual
Tijolo e fio de náilon	→ 1.2. Marcação do alinhamento	→ Fio de náilon
-	1.3. Marcação da altura das fiadas	-
Malhas e pinos	→ 1.4. Fixação malhas amarração nos pilares	→ Embalagem de papelão e pinos metálicos
-	<b>2. Marcação da alvenaria</b>	-
Argamassa industrializada	→ 2.1. Espalhamento argamassa alinhamento	→ Argamassa residual
Tijolos cerâmicos	→ 2.2. Assentamento tijolos de extremidade	→ Cascalho e material particulado de tijolos cerâmicos
Tijolos cerâmicos	→ 2.3. Assentamento tijolos intermediários	→ Cascalho e material particulado de tijolos cerâmicos
-	<b>3. Elevação da alvenaria</b>	-
Argamassa industrializada	→ 3.1 Espalhamento de argamassa nas fiadas	→ Argamassa residual
Tijolos cerâmicos	→ 3.2. Assentamento de tijolos das próximas fiadas	→ Cascalho e material particulado de tijolos cerâmicos
-	3.3. Verificação do prumo	-
-	<b>4. Execução do encunhamento</b>	-
Espuma expansiva	→ Preenchimento com espuma expansiva	→ Fragmentos de espuma expansiva e suas embalagens (latas)

Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 23 - Principais saídas na elevação de alvenarias - perdas por resíduos

(a) Cascalhos e material particulado de tijolos cerâmicos na execução de alvenaria externa



(b) Limpeza dos resíduos da execução de alvenaria externa de tijolos cerâmicos



(c) Transporte de resíduos tipo “Classe A”



(d) Disposição final dos resíduos “Classe A” nos fundos do terreno, para complemento de aterro



Fonte: Próprio autor (2015)

### Passo 2.1.2: Descrição de entradas e saídas na execução de reboco interno

Segundo a instrução de serviço da Empresa, conforme pode ser observado no ANEXO B, a espessura do reboco interno não deve ultrapassar os 25 mm. Entretanto para conseguir essas espessuras a alvenaria deverá ser executada com qualidade em relação aos serviços de prumo, alinhamento, esquadro, além dos materiais assentados, tijolos ou blocos. Antes de aplicar o reboco é necessário que as alvenarias já tenham recebido chapisco, e que este já esteja “curado”.

Para demonstrar a sequência das etapas e fluxos da atividade, são apresentadas algumas figuras: a Figura 24 demonstra como ocorrem as entradas de matéria-prima para execução do reboco, no caso argamassa fresca industrializada misturada em central; já a Figura 25 apresenta as etapas contempladas na execução da atividade, com respectivas descrições das entradas e saídas; por fim, a Figura 26 apresenta as principais saídas (resíduos) na execução de reboco interno.

Figura 24 - Principais entradas para execução de reboco



Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 25 - Fluxo de entradas e saídas das etapas da execução de reboco

Entradas (matéria-prima)	Etapas	Saídas (resíduos)
-	1. Colocação das taliscas e mestras	-
Argamassa industrializada	2. Aplicação da argamassa industrializada	-
-	3. Sarrafeamento da argamassa	→ Argamassa residual
-	4. Desempenamento da argamassa	→ Argamassa residual

Fonte: Próprio autor (2015)

Figura 26 - Principais saídas na execução de reboco – perdas por resíduos

(a) Resíduo de argamassa solto, na base da superfície de trabalho



(b) Limpeza de resíduos de argamassa acumulados no piso do apartamento



(c) Transporte interno do resíduo de reboco



(d) Local da disposição final atual, do resíduo de reboco, no próprio terreno, para compor o aterro



Fonte: Próprio autor (2015)

## Fase 2.2: Identificação dos aspectos ambientais das atividades em estudo

O resultado obtido na revisão de literatura apontou para uma matriz de correlação, desenvolvida por Cardoso, Fiorani e Degani (2011), entre atividades desenvolvidas em canteiros de obras e respectivos aspectos ambientais. Para os mesmos autores, no tema “Incômodos e Poluições” os seguintes Aspectos Ambientais para a Etapa de Vedações Verticais, alvenarias e reboco, são destacados conforme demonstrado no Quadro 7.

Quadro 7 - Aspectos ambientais para vedações verticais – alvenarias e reboco

		Fase da obra	Vedações verticais
	Temas	Atividades	Alvenarias
Aspectos Ambientais	Incômodos e Poluições	Geração de resíduos perigosos	-
		Geração de resíduos sólidos	◆
		Emissão de vibração	-
		Emissão de ruídos	x
		Lançamento de fragmentos	◆
		Emissão de material particulado	x
		Risco de geração de faíscas onde há gases, fibras e outros	-
		Desprendimento de gases, fibras e outros	-
		Renovação do ar	-
		Manejo de material perigoso	-
◆	Aspectos normalmente mais relevantes		
x	Aspectos menos relevantes ou consequentes de outro mais relevante e indicado por ◆		
-	Aspectos não relevantes ou consequentes de outro impacto indicado por x		

Fonte: Adaptado de Cardoso, Fiorani e Degani (2011)

Alguns dos aspectos demonstrados no Quadro 7 não foram observados no acompanhamento *in loco* das atividades em questão, tais como: emissão de vibração, ruídos; risco de geração de faíscas onde há gases, fibras e outros; desprendimento de gases, fibras e outros; e renovação do ar.

### Passo 2.2.1: Identificação dos aspectos ambientais na elevação de alvenaria externa

Baseado nas informações já obtidas foi elaborado o Quadro 8 com os aspectos ambientais para atividade de elevação de alvenarias externas do Edifício, com referência aos temas e aspectos abordados na revisão de literatura, e observados durante a atividade.

Quadro 8 - Aspectos ambientais identificados na atividade de elevação de alvenarias externas

		Fase da obra:	Vedações verticais
Temas	Aspectos ambientais	Alvenarias	
Recursos	Consumo de recursos naturais	◆	
Incômodos e Poluições	Geração de resíduos perigosos	-	
	Geração de resíduos sólidos	x	
	Lançamento de fragmentos	-	
	Emissão de material particulado	-	
	Manejo de material perigoso	-	
Resíduos	Perdas de materiais por entulho	◆	
	Manejo de resíduos	-	
	Destinação de resíduos	-	

Infraestrutura do canteiro de obras - CDO	Armazenamento de materiais	x
	Circulação de materiais	x

- ◆ Aspectos normalmente mais relevantes, considerados na presente pesquisa
- x Aspectos menos relevantes na presente pesquisa
- Aspectos não relevantes na presente pesquisa

Fonte: Adaptado de Cardoso, Fiorani e Degani (2011)

Embora se tenha observado a “geração de resíduos perigosos”, bem como o “manejo de material perigoso”, conforme ficha de informação de segurança do produto químico – FISPQ no caso dos fragmentos de espuma expansiva e suas embalagens (latas), estes aspectos não foram considerados relevantes na presente pesquisa, em virtude da baixa quantidade de sua geração em relação aos resíduos “Classe A”, classificação em acordo com a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), até porque estão seguindo as orientações do fabricante para manuseio/descarte.

A “geração de resíduos sólidos”, como nos casos de fragmentos de madeira e concreto, fios de náilon, embalagem de papelão e pinos metálicos também não foram considerados como relevantes na presente pesquisa, em parte pelo mesmo motivo do anterior: baixa representatividade no volume de geração de resíduos. Além disso, como já foi apresentado, as fases de segregação à destinação estão em acordo com as legislações vigentes e aplicáveis ao município e contexto, tais como: Lei Federal nº 12.305 (BRASIL, 2010), Lei Estadual nº 14.528 (RIO GRANDE DO SUL, 2014), Lei Municipal nº 4969 (PASSO FUNDO, 2013) e Lei Municipal nº 5.102 (PASSO FUNDO, 2014). Já os resíduos sólidos de argamassa residual, cascalho e particulados de tijolos cerâmicos, muito embora também incluídos neste contexto de atendimento às legislações aplicáveis, foram considerados relevantes pelo elevado volume de geração, e estes analisados sob o aspecto “perdas de materiais por entulho”.

O aspecto “lançamento de fragmentos” foi observado quando do assentamento dos tijolos na argamassa fresca, e esta, quando em excesso, lançada para o ambiente externo caindo sobre a plataforma de segurança alocada ao redor de toda a construção. Já a “emissão de material particulado” foi observada na varrição do pó de concreto da laje, para limpeza da superfície de assentamento da primeira fiada de tijolos. Ambos aspectos não foram considerados relevantes por não serem possíveis de quantificar com os recursos existentes.

Os aspectos “manejo de resíduos” e “destinação de resíduos” foram considerados menos relevantes, já que os resíduos “Classe A”, conforme Resolução

CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), gerados na atividade e considerados relevantes no estudo, são segregados dos demais e encaminhados para preenchimento do próprio terreno da obra. Quando a construtora necessita destiná-los para fora, contrata empresa de transporte e destinação de entulho, licenciada pela prefeitura municipal. Além disso, os demais resíduos gerados na atividade são segregados e destinados conforme já apresentado no Quadro 6 na fase 2.1: Descrição de entradas e saídas na produção das atividades em estudo.

Portanto, os aspectos ambientais considerados mais relevantes para a atividade elevação de alvenaria são: consumo de recursos naturais e perdas de materiais por entulho. O armazenamento de materiais e a circulação de materiais foram considerados menos relevantes, porém serão observados seus impactos na relação com as perdas de materiais.

### **Passo 2.2.2: Identificação dos aspectos ambientais na execução de reboco interno**

Baseado nas informações já obtidas foi elaborado o Quadro 9 de aspectos ambientais na atividade de execução de reboco interno do Edifício, com referência aos temas e aspectos abordados na revisão de literatura, observados durante a atividade.

Quadro 9 - Aspectos ambientais, por temas, para atividade de execução de reboco interno

		Fase da obra:	Vedações verticais
Temas	Aspectos ambientais	Reboco	
Recursos	Consumo de recursos naturais	◆	
Incômodos e Poluições	Geração de resíduos sólidos	x	
	Perdas de materiais por entulho	◆	
Resíduos	Manejo de resíduos	-	
	Destinação de resíduos	-	

◆ Aspectos normalmente mais relevantes, considerados na presente pesquisa

x Aspectos menos relevantes na presente pesquisa

- Aspectos não relevantes na presente pesquisa

Fonte: Adaptado de Cardoso, Fiorani e Degani (2011)

A “geração de resíduos sólidos”, argamassa residual, assim como na elevação de alvenaria externa, foi analisado sob o aspecto “perdas de materiais por entulho”.

Os aspectos “manejo de resíduos” e “destinação de resíduos” foram considerados menos relevantes, já que o resíduo “Classe A”, conforme Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), gerado na atividade, é encaminhado para preenchimento do próprio terreno da obra. Quando a construtora necessita destiná-lo

para fora, contrata empresa de transporte e destinação de entulho, licenciada pela prefeitura municipal.

Portanto, os aspectos ambientais considerados mais relevantes para a atividade execução de reboco são: consumo de recursos naturais e manufaturados e perdas de materiais por entulho.

### **Fase 2.3: Quantificação das entradas e saídas na produção das atividades em estudo**

Nesta fase foram apresentados os planejamentos propostos para as coletas de dados, bem como os procedimentos para as quantificações.

Os dados foram obtidos durante 22 (vinte e dois) dias de visitas intercaladas à obra, por um período médio de 3 (três horas) diárias de acompanhamento, entre os meses de abril e maio de 2015. A sensibilização e o comprometimento não apenas das equipes executoras das atividades, mas também de apoio e de limpeza, foram fundamentais para que os resultados desse levantamento apontassem a situação real encontrada no canteiro de obras. Além disso, todas as informações técnicas documentais necessárias foram cedidas pela equipe técnica da obra e pelo Representante da Empresa.

Algumas dificuldades foram encontradas para quantificação; parte delas está relacionada com fatores externos ao planejamento de levantamento de dados da pesquisa, devido à dificuldade em se obter algumas informações, uma vez que em determinados períodos nos quais as coletas eram programadas, ocorreram interrupções com auditorias interna e externa para renovação da certificação ISO 9.001:2008.

Para as duas atividades em estudo, elevação de alvenaria externa e execução de reboco interno, inicialmente, planejou-se realizar o levantamento de dados por meio de notas fiscais de compra, porém essas informações não resultariam na precisão necessária para o estudo, visto que os mesmos materiais eram utilizados em outras atividades não acompanhadas.

#### **Passo 2.3.1: Quantificação das entradas e saídas na elevação de alvenaria externa**

### **a) Descrição da coleta de dados**

Para o levantamento de informações quantitativas *in loco*, planejou-se considerar as áreas de elevação por pavimento, de forma que fosse possível contabilizar as entradas e saídas globais da superfície de controle. As oportunidades de quantificações ocorreram em dois pavimentos: primeiramente no décimo, e logo após, no décimo primeiro.

#### **I. Quantificação de entradas – consumo de tijolos cerâmicos, por pavimento**

A primeira tentativa de quantificação das entradas de tijolos para elevação de alvenaria externa do pavimento 10 se deu pela contagem de carrinhos de tijolos e “maseiras” transportadoras de argamassa (capacidade de 250 litros), por meio dos dados obtidos no preenchimento da planilha de controle, constante no APÊNDICE A, entregue aos operadores do elevador de cremalheira, conforme apresentada na Figura 27 (a), pós-preenchimento.

Para viabilizar a contagem de tijolos transportados ao pavimento 10 por cada carrinho, foi elaborada outra planilha para preenchimento do responsável pelo estoque de materiais, conforme Figura 27 (b) e APÊNDICE B. As informações obtidas serviram como referência para cálculo do número médio de tijolos transportados por carrinho, para cada dimensão de tijolos usados na construção, tais como: 9x19x24 cm, 9x19x18 cm, 9x19x12 cm, 14x19x24 cm, 14x19x18 cm e 14x19x12 cm. O responsável pelo estoque informou que o carregamento de tijolos não ultrapassava a borda do carrinho, porém, nos dias seguintes do início dessa contagem, observou-se que alguns carrinhos chegavam ao pavimento com quantidades superiores àquelas consideradas nas amostragens, conforme comparação observada entre a Figura 27 (c) e a Figura 27 (d). Por esse motivo não foi considerada a adoção deste método para quantificação de tijolos necessários na elevação de alvenaria externa do pavimento 10.

Figura 27- Entradas de materiais para o pavimento para elevação de alvenaria externa

(a) Planilha de referência amostral da capacidade de tijolos por carrinho

	EXECUÇÃO DE ALVENARIA EXTERNA 11º PAVIMENTO		
	carrinho 1	carrinho 2	carrinho 3
	Quantos tijolos couberam nesse carrinho?		
Tijolo "fino" (8 furos) inteiro	340	38	345
Tijolo "fino" (8 furos) 3/4			320
Tijolo "fino" (8 furos) 1/2	350		80
Tijolo "grosso" (9 furos) inteiro	60	80	60
Tijolo "grosso" (9 furos) 3/4		70	90
Tijolo "grosso" (9 furos) 1/2	34	110	61
Bloco concreto celular "fino"	24		
Bloco concreto celular "grosso"	23	21	36

(b) Planilha de contagem de carrinhos e recipientes de materiais de entrada no pavimento

	EXECUÇÃO DE ALVENARIA EXTERNA 11º PAVIMENTO			
	05.05	06.05	07.05	08.05
Tijolo "fino" (8 furos) inteiro				1
Tijolo "fino" (8 furos) 3/4				
Tijolo "fino" (8 furos) 1/2				
Tijolo "grosso" (9 furos) inteiro		L		1
Tijolo "grosso" (9 furos) 3/4				
Tijolo "grosso" (9 furos) 1/2				
Bloco concreto celular "fino"				
Bloco concreto celular "grosso"	1			
Massa		1	1	1

(c) Carrinho transportador de tijolo cerâmico, com carregamento no nível de borda



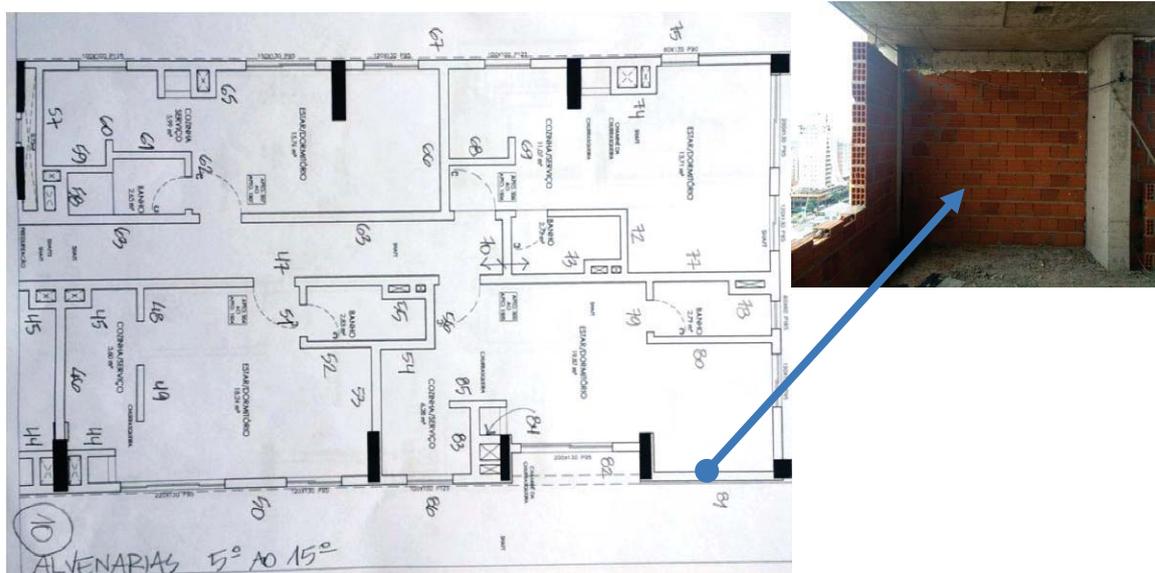
(d) Carregamento acima do nível da borda do carrinho



Fonte: Próprio autor (2015)

A segunda tentativa de contagem de tijolos no pavimento 10 considerou a quantidade efetivamente usada na execução da alvenaria, sendo adotada a contagem do tipo visual, por panos (áreas de alvenaria limitadas entre pilares). Cada pano foi numerado na planta baixa, de forma que serviu como um mapa para identificação *in loco* e rastreamento de dados, como pode ser observado o caso do pano "81" na Figura 28. Para esse método de contagem foi necessário aguardar a finalização da execução do assentamento de alvenaria no pavimento.

Figura 28 – Numeração dos panos para quantificação de tijolos, pós assentamento, na execução de alvenaria externa do pavimento 10



Fonte: Próprio autor (2015)

O resultado final desse levantamento está demonstrado no Quadro 10; já as informações detalhadas na planilha que gerou estes resultados, estão dispostas no APÊNDICE C.

Quadro 10 - Quantitativo de tijolos utilizados na elevação da alvenaria externa do pavimento 10

Tipo	Dimensões	Unidades por dimensão	Total de unidades por tipo
Tijolos cerâmicos 9cm	9 X 19 X 24 cm	240 unidades	279 unidades
	9 X 19 X 18 cm	3 unidades	
	9 X 19 X 12 cm	36 unidades	
Tijolos cerâmicos 14cm	14 X 19 X 24 cm	2184 unidades	2610 unidades
	14 X 19 X 18 cm	54 unidades	
	14 X 19 X 12 cm	372 unidades	

Fonte: Próprio autor (2015)

As quantificações de tijolos na elevação de alvenaria externa no pavimento 10 foram adotadas no pavimento 11, pois eram confiáveis e semelhantes.

## II. Quantificação de entradas - consumo de argamassa industrializada, por pavimento

O planejamento inicial considerado para a quantificação do consumo de argamassa, no qual os operadores do elevador de cremalheira preenchiam a planilha de

entradas de “maseiras” por pavimento, não foi utilizado porque não se considerou que o mesmo carregamento também era utilizado para elevação da alvenaria de bloco de concreto celular, executada concomitantemente no pavimento em estudo.

Porém, após 3 semanas da primeira coleta de dados da execução de alvenaria externa do pavimento 10, a equipe técnica da obra informou que o pavimento 11 seria liberado para a mesma atividade. Assim, o segundo acompanhamento foi realizado, porém com uma estratégia diferente: em vez de considerar a quantidade total de materiais que eram transportados para o pavimento em questão, foi proposto para as duas equipes de executores que contabilizassem a quantidade de tijolos assentados em uma “maseira” cheia de argamassa, conforme ilustrado na Figura 29.

Figura 29 – “Maseira” utilizada na quantificação de argamassa para assentamento de tijolos



Fonte: Próprio autor (2015)

Esta estratégia foi adotada porque nem toda argamassa que era enviada para o pavimento, era utilizada no assentamento de tijolos cerâmicos, isso porque os blocos de concreto, que revestem as laterais do poço do elevador, eram assentados concomitantemente, e os mesmos não fizeram parte da contagem.

Era então necessário conhecer o volume da “maseira”, as dimensões dos tijolos usados nessas amostras e, contar que o profissional permitisse que seu ajudante a abastecesse novamente mediante a finalização da argamassa do recipiente, o que impactaria na produtividade da dupla. Após a apresentação da proposta, uma das duas duplas executoras aceitou realizar a contagem.

Dessa forma, foram relacionadas 7 (sete) amostras com quantitativo de argamassa para assentamento de tijolos 9 cm de largura, e 12 (doze) amostras de tijolos 14 cm, de locais aleatórios. Para o cálculo do consumo de argamassa, foi considerada a quantidade média de tijolos assentados por caixa, esta que tem capacidade útil de armazenamento de 0,032 m<sup>3</sup> de argamassa.

Conforme dados de amostragem, a média de tijolos de 9 cm assentados por caixa foi de 46,14 unidades, gerando o consumo médio aproximado de 0,00071 m<sup>3</sup> de argamassa por tijolo; já os de 14 cm, a média de tijolos assentados por caixa foi de 34,08 unidades, com consumo médio de argamassa por tijolo assentado em torno de 0,00095 m<sup>3</sup>. Informações detalhadas da obtenção desses dados foram apresentadas no APÊNDICE D.

Assim, conhecendo a quantidade de tijolos necessários para a elevação de alvenaria externa, conforme informações obtidas no pavimento 10, foi possível estimar o consumo de argamassa para assentamento dos tijolos em um pavimento, aproximadamente 2,7 m<sup>3</sup>, conforme apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 - Consumo final de argamassa utilizada no assentamento de tijolos para elevação de alvenaria externa de um pavimento tipo.

<b>Tipo</b>	<b>Total de unidades por tipo</b>	<b>Consumo médio de argamassa / un tijolo assentado</b>	<b>Consumo total de argamassa / pav (m<sup>3</sup>)</b>
Tijolos cerâmicos 9cm	279	0,000706	0,20
Tijolos cerâmicos 14cm	2610	0,000947	2,50
<b>Total</b>			<b>2,7</b>

Fonte: Próprio autor (2015)

### **III. Quantificação de saídas – geração de resíduos de tijolos cerâmicos e argamassa industrializada, por pavimento**

A verificação das saídas ocorreu após a finalização da elevação de alvenaria externa do pavimento 10. Parte dos resíduos encontrados no pavimento, os de maiores dimensões - cascalhos, foram separados manualmente, de forma visual, para posterior medição do volume, em giricas - carrinhos de 70 litros (0,07 m<sup>3</sup>), utilizados para o transporte de materiais e resíduos da obra.

Ao acompanhar e realizar a contagem de 4 carregamentos completos de cascalhos de tijolos cerâmicos em girica, conforme ilustrado na Figura 30 (b), de pronto foi possível quantificar o volume de cascalho segregado, adotando o cálculo da Equação (1), o qual obteve como resultado 0,280 m<sup>3</sup>.

$$\begin{aligned}
 \text{Volume cascalho} &= n^{\circ} \text{ de giricas} \times \text{capacidade de transporte} & (1) \\
 &= 4 \times 0,07 \text{ m}^3 \\
 &= 0,280 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Figura 30 - Quantificação de saídas de materiais para execução de alvenaria

(a) resíduos da execução de alvenaria cerâmica, oriundos do pavimento 10



(b) transporte de resíduos cerâmicos, segregados manualmente do pavimento 10



Fonte: Próprio autor (2015)

A intenção desta primeira segregação era também verificar quantas unidades de tijolos cerâmicos inteiros correspondiam às perdas atribuídas aos cascalhos. Para possibilitar este cálculo, como não havia balança disponível, foram coletadas amostras de cada um dos 4 carregamentos, e realizados ensaios de densidade média do material no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade de Passo Fundo, conforme apresentados no APÊNDICE E. Deste ensaio, obteve-se o resultado da densidade média da amostra do material cerâmico, que foi de  $1.814,61 \text{ kg/m}^3$ .

Portanto, conhecendo a densidade média do material (DMM), o volume de cascalhos de tijolos (VCT) gerados no pavimento ( $0,280 \text{ m}^3$ ), bem como a massa unitária do tijolo cerâmico adotado como referência (MUTC), em torno de  $3,6 \text{ kg}$  conforme informado pelo fabricante (que é a massa do tijolo de dimensões  $14 \times 19 \times 24 \text{ cm}$ , por representar o maior percentual de uso no pavimento,  $90,3\%$ , e por não haver distinção de custo unitário do tijolo de  $9 \times 14 \times 24 \text{ cm}$ ), tem-se pela sequência das Equações (2) e (3), que aproximadamente 141 unidades de tijolos para execução da alvenaria externa deixaram de virar produto (alvenaria) para virar resíduo (perda de material).

$$\begin{aligned}
 & \text{Massa total de resíduo de cascalhos cerâmicos no pavimento (MTRC)} & (2) \\
 & = DMM \left( \frac{kg}{m^3} \right) \times VCT (m^3) \\
 & MTRC = 1.814,61 \text{ kg/m}^3 \times 0,280 \text{ m}^3 \\
 & MTRC = 508,09 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Perdas de peças de tijolos atribuídas aos cascalhos quantificados (PPTAC)} & (3) \\
 & = MTRC (kg) \times MUTC (kg) \\
 & PPTAC = 508,09 \text{ kg} / 3,6 \text{ kg} \\
 & PPTAC \approx 141 \text{ und}
 \end{aligned}$$

Já os resíduos de objetos plásticos, espuma expansiva, dutos, pedaços de madeira, entre outros, também foram segregados, porém não quantificados, dos resíduos de argamassa e pequenos fragmentos de tijolo cerâmico, que foram considerados na quantificação como “particulados de tijolos e argamassa residual”, gerando 9 carregamentos de girica, ou 0,630 m<sup>3</sup>, obtido pelo uso da Equação (4).

$$\begin{aligned}
 & \text{Volume resíduos de "particulados de tijolos e argamassa residual"} & (4) \\
 & = n^{\circ} \text{ de giricas} \times \text{capacidade de transporte} \\
 & = 9 \times 0,07 \text{ m}^3 \\
 & = 0,630 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

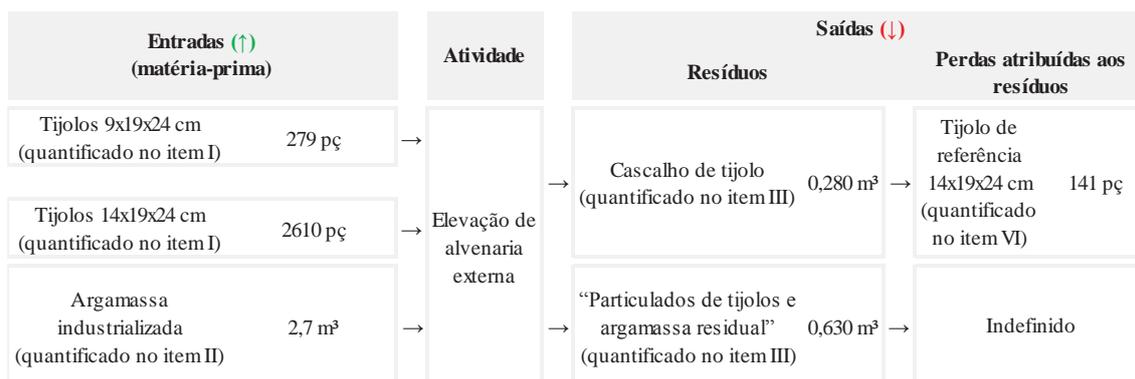
As perdas unitárias atribuídas aos mesmos não puderam ser quantificados, por este se tratar de um resíduo de material composto.

No pavimento 11 não foi possível realizar a quantificação dos resíduos para confrontar com os dados obtidos no pavimento 10, pois durante a execução da atividade houve auditoria externa, e sendo assim, os resíduos resultantes foram retirados do pavimento, impossibilitando a respectiva quantificação pela pesquisa.

#### **b) Resumo quantitativo de entradas versus saídas**

A Figura 31 apresenta o fluxograma das entradas e saídas contabilizadas nos levantamentos referentes à elevação de alvenaria externa em um pavimento tipo, sintetizando as quantificações obtidas conforme descrições da alínea “a”, já apresentadas.

Figura 31 - Fluxo quantitativo de entradas e saídas, para um pavimento



Fonte: Próprio autor (2015)

### c) Custos envolvidos com entradas (*Input*) versus saídas (*Output – não produto*)

Os itens necessários para gerar os custos materiais da atividade, tanto de entradas como saídas, bem como os custos aplicáveis, foram contabilizados e apresentados no Quadro 12.

Os insumos (água e energia), embora citados no referido quadro, não foram quantificados nesta pesquisa porque a argamassa já chegava na obra hidratada, sendo o volume de água utilizada na mistura para continuidade do seu uso, de um dia para outro na obra, insignificante em relação à outras atividades desenvolvidas na obra; quanto ao consumo de energia, não foi considerado pela dificuldade de fracionar as movimentações do elevador especificamente para a atividade e pavimento em questão, visto que normalmente utilizavam a mesma viagem para diversos carregamentos em vários pavimentos, e essa seria a única demanda de energia observada na atividade. O mesmo ocorre para os custos relacionados à gestão de resíduos, que estão inseridos nas rotinas de trabalho das equipes de apoio (limpeza) da obra.

A destinação externa dos resíduos não era praticada no período no qual foi realizado este levantamento, sendo depositados no fundo do terreno para preenchimento de desnível, e assim, não foram considerados nos custos finais. Não foram evidenciadas multas na obra, tão pouco na atividade em questão. Danos à imagem e reputação é um item pertinente de avaliação, principalmente quando a empresa adota estratégias de marketing ambiental, contudo na presente pesquisa este item também não foi quantificado. Entretanto, optou-se por manter tais chamadas no Quadro 12, de forma a servir de referência futura. A quantificação de particulados de tijolos e argamassa

residual também não foram realizados, visto que não foi possível a segregação no momento da coleta.

Quadro 12 - Custos Input / Output (não produto) contabilizados para a elevação de alvenaria externa

Transformação / situação		Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total*	Custos por situação*	Custos por transformação*	Participação na atividade*
Input	↑ Matéria-prima	Tijolos 9x19x24 cm	279	pç	R\$ 0,76	R\$ 212,04	R\$ 3.527,64	R\$ 3.527,64	96,3%
		Tijolos 14x19x24 cm	2610	pç	R\$ 0,96	R\$ 2.505,60			
		Argamassa industrializada	2,7	m³	R\$ 300,00	R\$ 810,00			
	↑ Insumos	Água	Não contabilizado	m³	R\$ 0,00	Indefinido	Indefinido		
		Energia	Não contabilizado	kw/h	R\$ 0,00	Indefinido			
Output (não produto)	↓ Perda de matéria prima por resíduo	Tijolos de referência 14x19x24 cm	141**	pç	R\$ 0,96	R\$ 135,36	R\$ 135,36 (parcial)	R\$ 135,36	3,7%
		Argamassa residual	Não contabilizada	m³	R\$ 300,00	Indefinido			
	↓ Resíduo Classe "A" (cascalho de tijolo, particulados de tijolos e argamassa residual)	Tratamento e armazenamento	0,91	m³	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Indefinido		
		Destinação	0,91	m³	R\$ 0,00	R\$ 0,00			
		Multas	0	-	R\$ 0,00	R\$ 0,00			
Danos à imagem e reputação da empresa	0,91	m³	Não calculado	Indefinido					

Somatório dos custos finais de transformação analisados em 1 pavimento tipo

R\$ 3.663,00

\* Referência: 1 pavimento tipo

\*\* Quantidade relativa à parte dos cascalhos de tijolos segregados dos resíduos de um pavimento, excluindo os particulados de tijolos presentes na parte de resíduos misturados com argamassa residual que não puderem ser segregados.

Fonte: Próprio autor (2015)

Por meio dos resultados obtidos, conclui-se que o *output* (não produto) representa um acréscimo de 3,7% ao custo da atividade de elevação de alvenaria externa, levando em consideração os custos totais de transformação *Input versus Output*, que foram possíveis de ser quantificados na coleta de dados realizada na pesquisa.

As perdas de particulados de tijolos e argamassa, de materiais por incorporação de argamassa à alvenaria e as sobras de argamassa lançadas para área externa quando do assentamento de tijolos cerâmicos não foram contabilizadas; a primeira por não ser possível a sua segregação com os recursos disponíveis, a segunda foi proposta para a equipe executora, porém as amostras coletadas não foram consideradas satisfatórias, a terceira, inviabilizada pela dificuldade de coleta de material impregnada à plataforma, tendo em vista que a argamassa residual de outros pavimentos somariam-se a estas, o que não traria um resultado real para o estudo. Outros fatores que poderiam aumentar os índices de perdas, seriam: a quantificação das perdas do processo logístico até o

pavimento de trabalho e a realização da coleta de dados após a retirada dos tijolos inteiros que restaram no pavimento, com a conclusão da atividade de elevação de alvenaria, já que uma das causas das quebras são as movimentações.

### Passo 2.3.2: Quantificação das entradas e saídas na execução de reboco interno

#### a) Descrição da coleta de dados

Para o levantamento de informações quantitativas *in loco*, planejou-se considerar as áreas de execução de reboco interno por quitinete, de forma que fosse possível contabilizar as entradas e saídas globais da superfície de controle. As oportunidades de quantificação deram-se em cada um dos 7 exemplares de quitinetes existentes em um pavimento tipo, conforme demonstrados na Figura 32. Entretanto, durante o período de coleta de dados, apenas dois pavimentos tipo foram acompanhados, o sétimo e o oitavo, já que o reboco interno das quitinetes era executado nos mesmos.

Figura 32 - Layout dos 7 quitinetes de cada pavimentos tipo



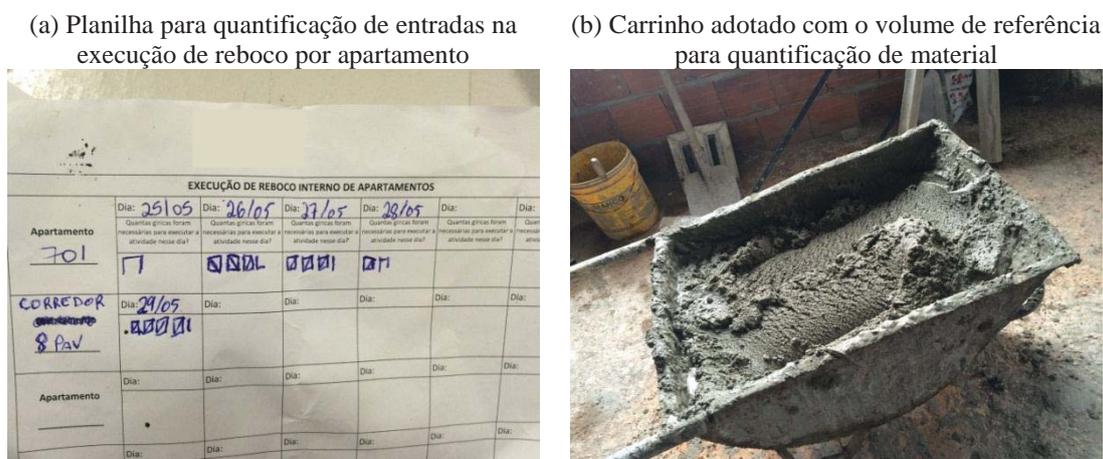
Fonte: Empresa em estudo (2015)

#### IV. Quantificação de entradas - consumo de argamassa industrializada, por pavimento, exceto áreas comuns

Para coleta de dados de entradas de materiais, foi elaborada planilha de acompanhamento para quantificação de carrinhos carregados de argamassa, necessários para executar o reboco interno para cada quitinete, conforme Figura 33 (a) e APÊNDICE F. A Figura 33 (b) apresenta o carregamento adotado como referência. No

período de coleta de dados 4 (quatro) equipes executavam o reboco dos apartamentos, cada uma composta de um profissional e um servente, sendo uma dupla por apartamento. O profissional e seu ajudante, responsável por manter o carrinho abastecido de argamassa, precisavam se comprometer com o preenchimento desta planilha, e apenas prover o carrinho de mais material após o esgotamento total da última reposição. Apenas uma dupla demonstrou interesse para auxiliar na pesquisa, sendo os resultados obtidos nessa atividade, gerados pela mesma.

Figura 33 - Quantificação de entradas de argamassa para execução de reboco



Fonte: Próprio autor (2015)

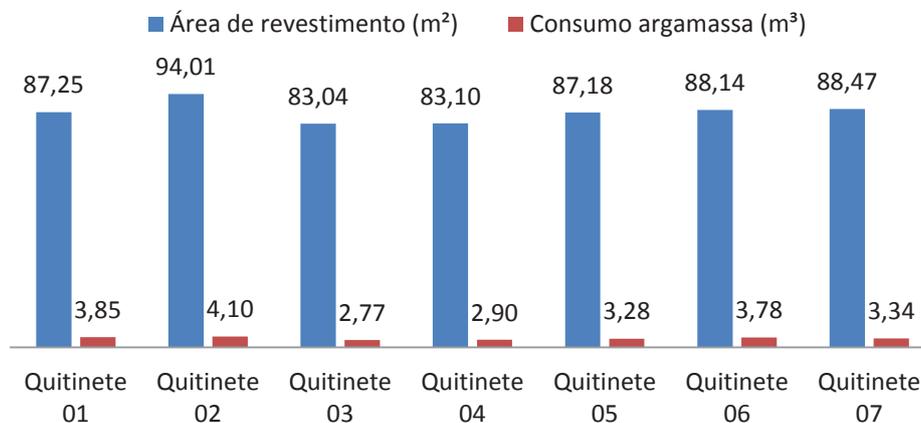
Os carrinhos utilizados para transporte e medição possuem capacidade de 70 litros, cada. Porém, para fins de quantificação, foi considerada uma média útil de transporte de 90% de sua capacidade, ou seja, 63 litros, em função de sobras de materiais do carregamento anterior que ocupam espaço, e ainda, que devido a movimentação do transporte não é possível preenche-lo completamente, caso contrário, iria transbordar.

Foram acompanhadas a execução de reboco interno de 9 quitinetes, entre os pavimentos 7 e 8. Cada uma das 7 quitinetes possui diferentes áreas de parede; portanto, o acompanhamento de entrada de argamassa fresca industrializada nas 9 quitinetes, gerou dados semelhantes em 2 quitinetes, de final “01” e “05”, e sendo assim, foi possível atribuir valores médios do consumo de argamassa para essas.

Os resultados obtidos nesse levantamento, estão demonstrados no Gráfico 1, relativos às 7 quitinetes de cada um dos 11 pavimentos tipo. Dessa forma, foi possível estimar o consumo de argamassa para reboco interno por pavimento, aproximadamente

24,3 m<sup>3</sup>. Nesta quantificação não foram consideradas as áreas comuns de cada pavimento, como escada, elevador e corredor.

Gráfico 1 - Consumo de argamassa fresca industrializada, por quitinete, em um pavimento tipo



Fonte: Próprio autor (2015)

#### V. Quantificação de saídas – geração de argamassa residual, por pavimento, exceto áreas comuns

A coleta de dados de resíduos da execução do reboco, assim como da elevação de alvenaria, teve de ser interrompida algumas vezes pelas duas auditorias. No entanto, como essas coletas eram realizadas por unidades de apartamento, e vários estiveram em execução no período de observação e coleta de dados, outras oportunidades de coleta ocorreram, e estas foram aproveitadas. Para alguns apartamentos, os dados levantados foram de entradas, para outros, as saídas. Essa quantificação foi possível em função do método de análise adotado, que considera a razão entre volume de material ou resíduo, por metro quadrado de serviço, no caso, a área de execução de reboco de cada quitinete.

Para quantificação dos resíduos gerados, foi utilizado um balde de 12 litros, graduado, que possibilitou a verificação mais próxima possível da realidade, conforme demonstrado na Figura 34 (a). Como os resíduos que se encontravam no apartamento não eram apenas constituídos de argamassa, aqueles de maiores dimensões, passíveis de separação manual foram retirados, como cascalhos de: tijolos cerâmicos, madeiras, tubulações de PVC, garrafas de PVC e ferragens diversas, Figura 34 (b).

Figura 34 - Quantificação de saídas de resíduos da execução de reboco

(a) Quantificação em balde de 12 litros



(b) Resíduo de execução de reboco de 1 apartamento.



Fonte: Próprio autor (2015)

Dos resíduos de dimensões inferiores, que não puderam ser separados nessas condições, antes de serem encaminhados para preenchimento do desnível do próprio terreno da construção como entulho “Classe A”, foram extraídas 3 amostras a fim de realizar análise quantitativa da sua composição no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade de Passo Fundo. O resultado apontou que aproximadamente 96,8% dos resíduos das 3 amostras eram constituídos de argamassa residual. O cálculo para obtenção deste percentual foi apresentado no APÊNDICE G.

Foram acompanhadas a retirada de resíduos de reboco interno de 8 quitinetes, entre os pavimentos 7 e 8. Cada um dos 7, gerando dados semelhantes de 1 quitinete, de final “01”, o qual foi atribuído valor médio na geração de argamassa residual.

Os resultados obtidos nesse levantamento, estão demonstrados no Quadro 13, relativos às 7 quitinetes de cada um dos 11 pavimentos tipo. Dessa forma, foi possível estimar a geração de resíduos da atividade de execução de reboco interno por pavimento, aproximadamente 0,53 m<sup>3</sup>. Mas este volume refere-se ao total de resíduos gerados na atividade, e o interesse é apenas o de argamassa residual; sendo assim, este foi multiplicado pelo percentual obtido em laboratório, 96,8%, o que resultou no volume estimado de 0,51 m<sup>3</sup> de argamassa residual.

Quadro 13 - Perda de argamassa por resíduo gerada na execução de reboco interno de quitinetes, em um pavimento tipo, exceto áreas comuns.

Localização no pavimento	Área de revestimento (m <sup>2</sup> )	Geração de resíduos (m <sup>3</sup> )	Argamassa residual (m <sup>3</sup> )	Perda de argamassa por resíduo (%)
Quitinete 01	87,25	0,07	0,0674	0,08%
Quitinete 02	94,01	0,09	0,0842	0,09%
Quitinete 03	83,04	0,05	0,0459	0,06%
Quitinete 04	83,10	0,07	0,0683	0,08%
Quitinete 05	87,18	0,05	0,0468	0,05%
Quitinete 06	88,14	0,12	0,1151	0,13%
Quitinete 07	88,47	0,09	0,0842	0,10%
<b>Total no pavimento</b>	<b>611,19</b>	<b>0,53</b>	<b>0,51</b>	<b>0,08%</b>

Fonte: Próprio autor (2015)

### b) Resumo quantitativo de entradas *versus* saídas

As entradas e saídas de cada uma das quitinetes contabilizadas nos levantamentos referentes à execução de reboco interno em um pavimento tipo, sintetizando as quantificações obtidas conforme descrições da alínea “a” já apresentadas, foram demonstradas no Quadro 14.

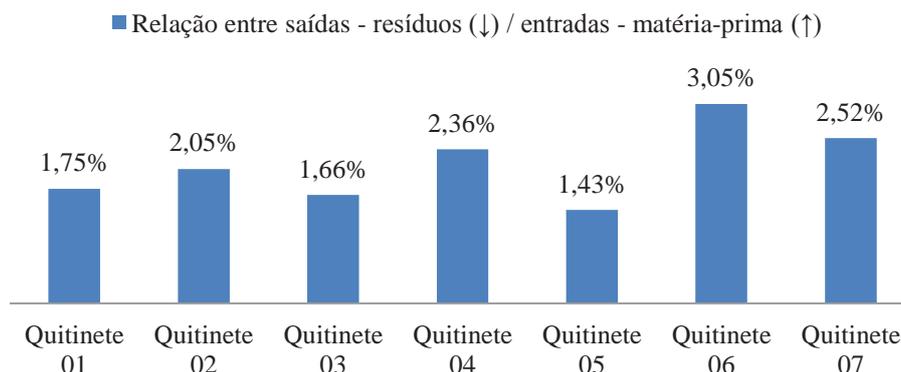
Quadro 14 – Quantitativo de entradas e saídas na execução de reboco interno em cada uma das quitinetes do pavimento tipo

Localização	Entradas (↑) (matéria-prima, m <sup>3</sup> )	Saídas (↓) (resíduos, m <sup>3</sup> )
Quitinete 01	3,85	0,067
Quitinete 02	4,10	0,084
Quitinete 03	2,77	0,046
Quitinete 04	2,90	0,068
Quitinete 05	3,28	0,047
Quitinete 06	3,78	0,115
Quitinete 07	3,34	0,084

Fonte: Próprio autor (2015)

A relação entre as saídas e as entradas, ou seja, o quanto de matéria-prima virou resíduo, por quitinete, está demonstrado no Gráfico 2. A média geral desta relação foi de 2,12%.

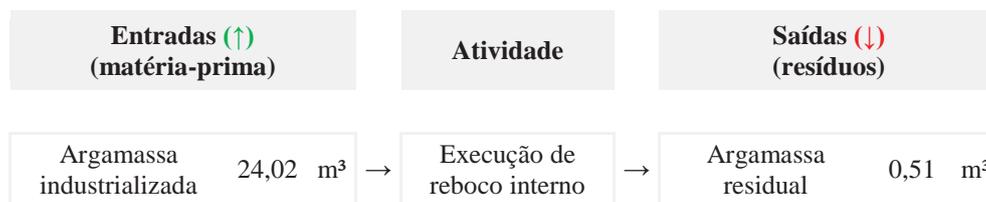
Gráfico 2 - Relação entre saídas - resíduos (↓) / entradas - matéria-prima (↑), na execução de reboco interno em cada uma das quitinetes do pavimento tipo



Fonte: Próprio autor (2015)

A Figura 35 apresenta o fluxograma global das entradas e saídas para execução de reboco interno, exceto áreas comuns, de um pavimento tipo.

Figura 35 - Fluxo quantitativo de entradas e saídas na execução de reboco interno em um pavimento tipo, exceto áreas comuns



Fonte: Próprio autor (2015)

### c) Custos envolvidos com entradas (Input) versus saídas (Output – não produto)

Segundo o Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável – CEBDS (2010), os itens necessários para gerar os custos materiais totais da atividade, tanto de entradas como saídas, estão demonstrados no Quadro 12.

Os insumos (água e energia), embora citados no referido quadro, não foram quantificados nesta pesquisa porque a argamassa já chegava na obra hidratada, sendo o volume de água utilizada na mistura para continuidade do seu uso, de um dia para outro na obra, insignificante em relação à outras atividades desenvolvidas na obra; quanto ao consumo de energia, não foi considerado pela dificuldade de fracionar as movimentações do elevador especificamente para a atividade e pavimento em questão, visto que normalmente utilizavam a mesma viagem para diversos carregamentos em

vários pavimentos, e essa seria a única demanda de energia observada na atividade. O mesmo ocorre para os custos relacionados à gestão de resíduos, que já estão inseridos nas rotinas de trabalho das equipes de apoio (limpeza) da obra.

A destinação externa dos resíduos não era praticada no período no qual foi realizado este levantamento, portanto não foram considerados nos custos finais. Não foram evidenciadas multas na obra, tão pouco na atividade em questão. Danos à imagem e reputação é um item pertinente de avaliação, principalmente quando a empresa adota estratégias de marketing ambiental, contudo não era objetivo da pesquisa quantificar este. Entretanto, optou-se por manter tais chamadas no Quadro 15, de forma a servir de referência para trabalhos futuros, porém seus custos não foram apresentados.

Quadro 15 - Custos Input / Output (não produto) contabilizados na execução de reboco interno

Transformação / situação	Material	Quantidade	Unidade	Custo unitário	Custo total*	Custos por situação*	Custos por transformação*	Participação na atividade*
Input	↑ Matéria- prima	Argamassa industrializada	24,02	m³	R\$ 300,00	R\$ 7.205,70	R\$ 7.205,70	97,9%
	↑ Insumos	Água	Não contabilizado	m³	-	Indefinido	Indefinido	
		Energia	Não contabilizado	kw/h	-	Indefinido		
Output (não produto)	↓ Perda de matéria prima por resíduo	Argamassa residual	0,51	m³	R\$ 300,00	R\$ 153,00	R\$ 153,00	2,1%
	↓ Resíduo Classe "A" (argamassa residual)	Tratamento e armazenamento	0,51	m³	R\$ 0,00	R\$ 0,00	Indefinido	
		Destinação	0,51	m³	-	R\$ 0,00		
		Multas	0,00	-	-	R\$ 0,00		
	Danos à imagem e reputação da empresa	0,51	m³	Não calculado	Indefinido			

Somatório dos custos finais de transformação analisados em 1 pavimento tipo

R\$ 7.358,70

\* Referência: 1 pavimento tipo

Fonte: Próprio autor (2015)

Conclui-se, portanto, que as perdas por resíduo (*Output* - não produto) representam um acréscimo de 2,1% ao custo da atividade de execução de reboco interno das quitinetes, levando em consideração os custos totais de transformação Input *versus* Output.

#### Fase 2.4: Análise combinada dos resultados de quantificações das atividades em estudo

Considerando hipoteticamente que os tijolos cerâmicos utilizados na elevação de alvenaria externa foram todos inteiros: 279 unidades de 9x19x24 cm, e 2610 unidades

de 14x19x24; área aproximada de elevação de alvenaria externa em um pavimento tipo, 173,53 m<sup>2</sup>; tem-se a relação média do uso de 16,7 unidades de tijolos/m<sup>2</sup>. Transformando essas unidades em volumes, tem-se para tijolos de 9x19x24 cm o total de 1,15 m<sup>3</sup>, e o consumo de 0,0066 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ou 6,6 litros/m<sup>2</sup>; e para os tijolos de 14x19x24 cm, tem-se o volume total de 16,66 m<sup>3</sup>, e o consumo de 0,096 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ou 96,02 litros/m<sup>2</sup>.

O consumo de argamassa industrializada utilizada na elevação de alvenaria externa (2,7 m<sup>3</sup>) e a área aproximada de elevação de um pavimento tipo (173,53 m<sup>2</sup>) geram a relação média de 0,0155 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ou 15,6 litros/m<sup>2</sup>.

Já a relação média obtida entre o volume total de resíduos “Classe A” gerados, 0,910m<sup>3</sup>, resultante da soma de cascalhos de tijolos (0,28 m<sup>3</sup>) e particulados de tijolos e argamassa residual (0,63 m<sup>3</sup>), e a área aproximada de elevação de um pavimento tipo (173,53 m<sup>2</sup>), é de 0,00524405 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ou 5,24 litros/m<sup>2</sup>.

O custo *Output* (não produto) de transformação em um pavimento R\$ 0,78/m<sup>2</sup>, é obtido por meio dos resultados já apresentados no Quadro 12 (R\$ 135,36), dividido pela área aproximada de elevação de alvenaria externa do mesmo pavimento (173,53 m<sup>2</sup>).

A síntese desses resultados foi apresentada no Quadro 16.

Quadro 16 – Indicadores obtidos nas relações entre entradas (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), saídas (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) e custos de transformação (R\$/m<sup>2</sup>), da área de elevação de alvenaria externa estudada.

Entradas (matéria-prima)	Consumo material*		Área de assentamento (m <sup>2</sup> )*	Consumo de material	
	Quant	Unid		Quant (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Quant (litros/m <sup>2</sup> )
Alvenaria (tijolos 14x19x24)	1,15	m <sup>3</sup>	173,53	0,007	6,60
Alvenaria (tijolos 14x19x24)	16,66	m <sup>3</sup>		0,096	96,02
Alvenaria (argamassa)	2,70	m <sup>3</sup>		0,016	15,56
<b>Total</b>				<b>118,18</b>	

Saídas (resíduos "Classe A")	Geração de resíduos*		Área de assentamento (m <sup>2</sup> )*	Geração de resíduo "Classe A"	
	Quant	Unid		Quant (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Quant (litros/m <sup>2</sup> )
Alvenaria (∑ cascalho e particulados de tijolos e argamassa residual)	0,91	m <sup>3</sup>	173,53	0,005	5,24
<b>Total</b>				<b>5,24</b>	

Transformação <i>Output</i> - não produto (contabilizados)	Custos de transformação*	Área de assentamento (m <sup>2</sup> )*	Custos de transformação por área assentada (R\$/m <sup>2</sup> )
Alvenaria (∑ cascalho e particulados de tijolos e argamassa residual)	R\$ 135,36	173,53	0,780
<b>Total</b>			<b>0,78</b>

\* Referência: 1 pavimento tipo

Fonte: Próprio autor (2015)

Da mesma forma, considerando a soma do consumo de argamassa industrializada utilizada na execução de reboco interno das 7 quitinetes existentes, em torno de 24,0 m<sup>3</sup>, e a área de alvenaria das quitinetes a revestir com reboco interno, em um pavimento tipo, exceto áreas comuns, aproximadamente 611,2 m<sup>2</sup>, tem-se a relação média de consumo de 0,0393 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>, ou 39,3 litros/m<sup>2</sup> de argamassa por área construída.

Quanto aos resíduos de argamassa gerados, aproximadamente 0,51 m<sup>3</sup>, recolhidos das 7 quitinetes, e a soma de área líquida de revestimento de reboco interno das quitinetes, 611,2 m<sup>2</sup>, a perda média de argamassa por resíduo em um pavimento tipo, não considerando a geração de resíduos das áreas comuns de cada pavimento, como de escada, elevador e corredor, corresponde a uma relação de 0,08 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.

O custo *Output* (não produto) de transformação em um pavimento R\$ 0,25/m<sup>2</sup>, é obtido por meio dos resultados já apresentados no Quadro 15 (R\$ 153,00), dividido pela área aproximada de execução de reboco interno do mesmo pavimento (611,2 m<sup>2</sup>).

A síntese desses resultados foi apresentada no Quadro 17.

Quadro 17 - Indicadores obtidos nas relações entre entradas (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>), saídas (m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) e custos de transformação (R\$/m<sup>2</sup>), da área de execução de reboco interno.

Entradas (matéria-prima)	Consumo material		Área de revestimento (m <sup>2</sup> )	Consumo material	
	Quant	Unid		Quant (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Quant (litros/m <sup>2</sup> )
Reboco (argamassa)	24,02	m <sup>3</sup>	611,2	0,039	39,30
<b>Total</b>				<b>0,039</b>	<b>39,30</b>

Saídas (geração de resíduos "Classe A")	Geração de resíduos		Área de revestimento (m <sup>2</sup> )	Geração de resíduo "Classe A"	
	Quant	Unid		Quant (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	Quant (litros/m <sup>2</sup> )
Reboco (argamassa residual)	0,51	m <sup>3</sup>	611,2	0,001	0,84
<b>Total</b>				<b>0,001</b>	<b>0,84</b>

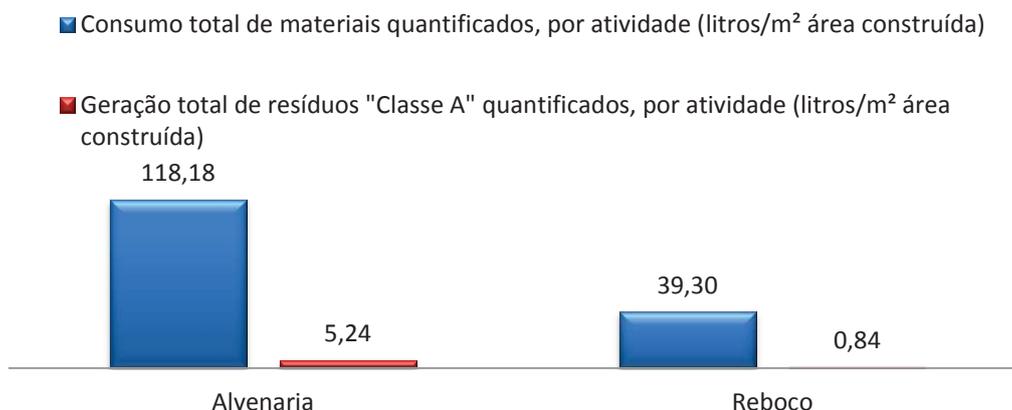
  

Transformação <i>Output</i> - não produto (contabilizados)	Custos de transformação*	Área de assentamento (m <sup>2</sup> )*	Custos de transformação por área rebocada (R\$/m <sup>2</sup> )
Alvenaria (∑ cascalho e particulados de tijolos e argamassa residual)	R\$ 153,00	611,2	0,250
<b>Total</b>			<b>0,25</b>

Fonte: Próprio autor (2015)

A comparação entre os resultados obtidos nos quadros Quadro 16 e Quadro 17, de consumos de materiais e geração de resíduos "Classe A" das atividades de elevação de alvenaria externa e execução de reboco interno, respectivamente, foi demonstrada no Gráfico 3.

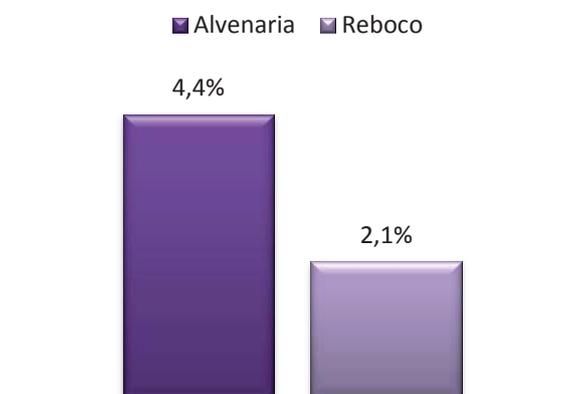
Gráfico 3 – Indicadores comparativos entre consumo total de materiais e geração de resíduos "Classe A", por atividade.



Fonte: Próprio autor (2015)

À partir desta verificação, foi calculada a relação entre a geração de resíduos “Classe A” e o consumo de materiais nas atividades de elevação de alvenaria externa e execução de reboco interno, respectivamente. O resultado obtido é apresentado no Gráfico 4.

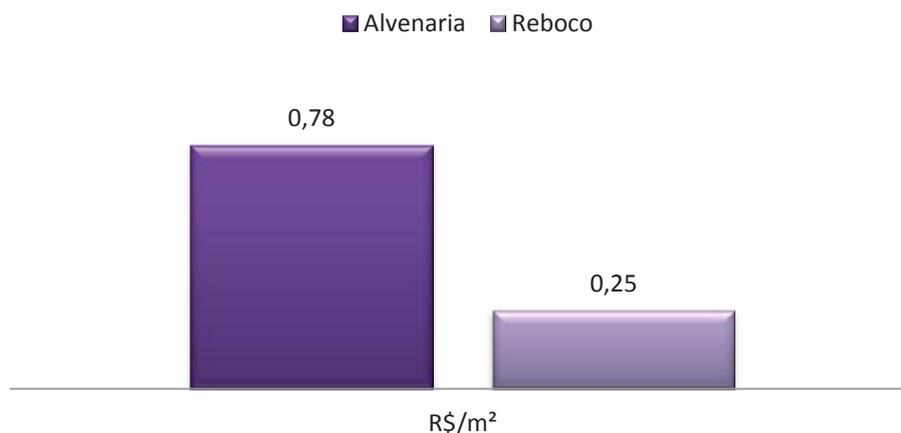
Gráfico 4 – Indicadores obtidos na relação entre perdas por geração de resíduos "Classe A" e consumo de materiais, por atividade.



Fonte: Próprio autor (2015)

Ou seja, tem-se a relação de 47,7% superior de perdas de materiais m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> na elevação de alvenaria externa, em comparação com a execução de reboco interno.

O Gráfico 5, demonstra a variação dos custos de transformação das atividades, por área produzida, conforme dados obtidos nos Quadro 16 e Quadro 17: R\$ 0,78/m<sup>2</sup> para elevação de alvenaria externa e R\$ 0,25/m<sup>2</sup> para execução de reboco interno.

Gráfico 5 – Indicadores dos custos de transformação *output* (não produto) por área, em cada atividade

Fonte: Próprio autor (2015)

À partir desses índices, observa-se que o custo de transformação *Output* (não produto) da atividade de elevação de alvenaria externa é 32% acima do custo de transformação *Output* (não produto) da atividade de execução de reboco interno.

### Fase 2.5: Seleção do foco de avaliação

Baseado nas particularidades do canteiro de obra em questão, do acompanhamento das atividades em estudo que resultaram na relação de 47,7% a mais de perdas entre *Input* (entradas de matéria prima, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) e *Output* - não produto (saídas na forma de resíduos, m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>) na atividade de elevação de alvenaria externa, em comparação com a atividade de execução de reboco interno, bem como na variação do custo final das atividades, que resultou no percentual de 32% acima para elevação de alvenaria externa, optou-se pela continuidade do seu estudo, sendo esta adotada como foco de avaliação.

Além disso, trata-se de uma atividade que possui um maior número de aspectos relevantes, como: consumo de recursos naturais e manufaturados; perdas de materiais por entulho; armazenamento de materiais; e circulação de materiais, além de apresentar um índice maior de consumo de recursos naturais e manufaturados por área, 118,18 litros/m<sup>2</sup>, em contrapartida à execução de reboco interno, 39,30 litros/m<sup>2</sup>, conforme já demonstrado no Gráfico 3.

### **4.3 Etapa 3: Oportunidades de melhoria na produção da atividade, foco de avaliação – Elevação de alvenaria externa**

#### **Fase 3.1: Verificação das causas de geração de resíduos**

Nesta fase foram verificadas as causas da geração de resíduos do foco de avaliação selecionado na etapa anterior. Segundo Souza (2005), o entendimento dos problemas vigentes torna-se fundamental para balizar as tomadas de decisões. Assim foi proposta a averiguação.

Durante e após o período de acompanhamento da atividade de elevação de alvenaria externa, as seguintes observações foram destacadas:

- a) Após a finalização da atividade no pavimento 10, ainda restavam armazenados tijolos cerâmicos que foram transportados para o pavimento de serviço e não foram utilizados; 272 unidades de tijolos de 9 cm e 390 unidades de tijolos de 14 cm, ou seja, respectivamente 97% e 15% a mais do que de fato foi utilizado para conclusão do serviço, evidenciando ineficiências de uso do tempo de serviço dos envolvidos com as movimentações de carregamento, transporte e descarregamento, bem como a inexistência de controle e/ou previsão de consumo de materiais por parte da equipe técnica. Se for considerar também a fragilidade dos tijolos utilizados, pela qualidade duvidosa, deve-se considerar ainda a perda de recursos materiais pela transformação em resíduos (quebras), que esses movimentos desnecessários produzem;
- b) Enquanto se desenvolvia a atividade de elevação de alvenaria, as pilhas de tijolos eram desmontadas e remontadas em novos locais mais próximos de onde se realizava o serviço, reduzindo a produtividade da equipe por consecutivos transportes no próprio pavimento, aumentando a possibilidade da geração de resíduos, dada a fragilidade das peças materiais;
- c) A ausência de projeto de *layout* do pavimento em execução, além de deixar o canteiro de obra desorganizado, aumenta a possibilidade de geração de resíduos cerâmicos, provocados pela movimentação de pessoal, equipamentos e carrinhos, que muitas vezes acabam deixando de colocar a carga num lugar mais próximo da execução da atividade por não poder se aproximar, pois o caminho está obstruído por materiais diversos ou mesmo, resíduos, o que

também incide na redução de produtividade das equipes, que novamente precisam fazer novos transportes desnecessários de tijolos;

- d) Sobre o consumo excessivo de argamassa para assentamento de alvenaria, que caracteriza a perda incorporada, observou-se que, para não se descartar tijolos que apresentavam pequenas quebras, o consumo de argamassa era aumentado para preencher esses espaços; além disso, alguns profissionais que executavam a atividade utilizavam demasiadamente argamassa para o preenchimento da junta vertical, a ponto de preencher mais da metade dos furos longitudinais dos tijolos;
- e) Atrasos no recebimento de alguns materiais durante o período de execução da atividade, não interfere no andamento do serviço, porém gera custos adicionais à construtora. Como exemplo, a falta de tijolos na dimensão 3/4 não impediu que o profissional continuasse a execução da alvenaria, pois ele o substituíra por um tijolo de 1/2; mas dessa forma, utilizava mais argamassa para compensar o espaço que faltava do tijolo 3/4. Este fato foi observado após o período de coleta de dados, e também pode ser considerado como uma perda incorporada.

Assim, essas deficiências foram caracterizadas em possíveis fatores que geram perdas e o consumo desnecessário de recursos naturais, sob os aspectos Operacionais, Matéria-prima e Recursos humanos, conforme segue:

✓ **Operacionais:**

- Etapas desnecessárias no processo, observada na Figura 36 (a), (b) e (c), provocada pela ausência de projeto/implementação de *layout* do canteiro de obra do pavimento de trabalho;
- Inexistência de indicador de perdas de materiais;
- Desconhecimento do consumo unitário de materiais, necessários para execução da atividade (produtividade dos materiais);

✓ **Matéria-prima:**

- Uso de matéria-prima de qualidade inadequada, com geometria irregular, e apresentando falhas na fabricação, observado na Figura 36 (d), (e) e (f);
- Descuidos na inspeção de qualidade quando do recebimento dos materiais, conforme estabelece a Instrução de Serviço existente;

- Uso de carrinhos inadequados para o transporte de tijolos, conforme Figura 36 (g);
  - Armazenagem inadequada dos tijolos;
  - Deficiência no suprimento.
- ✓ **Recursos humanos:**
- Treinamento inadequado para a redução de perdas, por resíduos e incorporação, conforme observado na Figura 36 (g) e (h);
  - Acompanhamento técnico reduzido durante a execução do serviço.

Figura 36 - Evidências da ocorrência de perdas na execução de alvenaria externa de tijolo cerâmico

(a) e (b) Pilhas de tijolos e formas de supraestrutura em locais inadequados, que dificultam na movimentação e transporte interno gerando possíveis quebras de tijolos



(c) Várias pilhas de tijolos desorganizadas e ainda misturadas com outros materiais



(d) Evidência da fragilidade dos tijolos nas pilhas



Continua...

(e) Evidência da fragilidade do tijolo já assentado



(f) Geometria irregular do tijolo e qualidade inadequada



(g) Movimentação de tijolos no pavimento com transporte inadequado



(h) Evidência de perda de argamassa incorporada à alvenaria



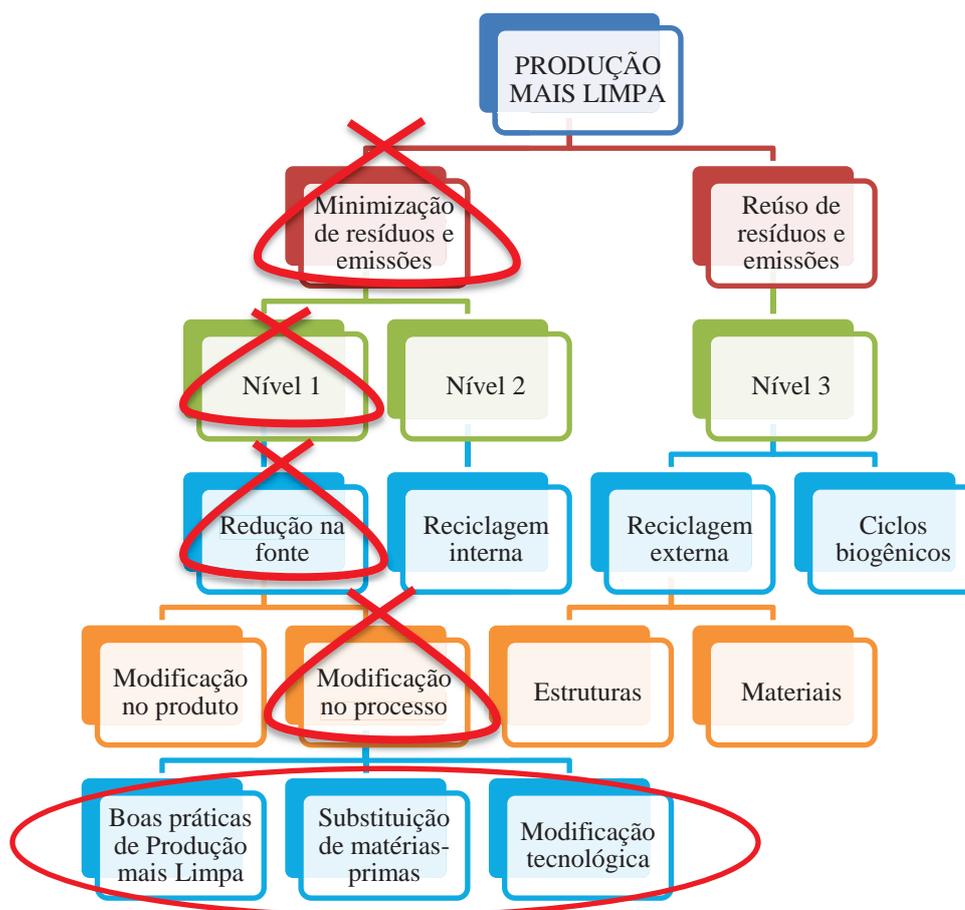
Fonte: Próprio autor (2015)

Observa-se que o volume de resíduos que foram contabilizados como saída na execução de alvenaria do pavimento em estudo, bem como as perdas por incorporação, poderiam ser menores, caso os fatores listados fossem suprimidos por meio de um planejamento adequado de redução de perdas de materiais.

### Fase 3.2: Identificação das oportunidades de Produção mais Limpa

Baseado na verificação das causas de geração de resíduos da atividade de elevação de alvenaria externa foi possível propor uma lista de modificações na produção do Edifício em estudo, considerando os níveis de atuação e as estratégias da Produção mais Limpa proposto pelo CNTL (2007b), evidenciados no fluxograma da geração de opções, conforme Figura 37.

Figura 37 - Fluxograma da geração de opções de Produção mais Limpa.



Fonte: Adaptado de CNTL (2007b)

Assim propõe-se a redução na fonte pela modificação no processo, por meio de:

- Boas práticas operacionais:

Oportunidades	Descrição
i. Minimização de perdas geradas na elevação de alvenaria externa I	Elaborar o <i>layout</i> do canteiro de obra (pavimento tipo), especificando onde devem ser alocados cada material e equipamento, garantindo a mobilidade adequada e suficiente de pessoas e materiais para execução da atividade (o que eliminaria as compensações de argamassa pela ausência de determinadas dimensões de tijolos), e os requisitos de segurança necessários para a continuidade dos serviços.
ii. Minimização de perdas geradas na elevação de alvenaria externa II	Fazer uso efetivo da instrução de serviço, principalmente nos itens que estão deixando a desejar, como no recebimento e aceitação de materiais.
iii. Treinamentos e capacitação de funcionários em P+L das atividades que julgarem-se prioritárias	Formar funcionários em P+L (Ecotime), os quais serão responsáveis pela ampliação e desenvolvimento de estudos, implementações, continuidade e monitoramento de oportunidades de melhorias com a técnica, estendendo à todas as atividades produtivas da obra.

Fonte: Próprio autor (2015)

○ Substituição de matérias-primas:

Oportunidades	Descrição
iv. Substituição de fornecedor de tijolos cerâmicos	Caso o fornecedor atual seja reprovado nas próximas entregas, observada a fragilidade dos lotes de tijolos, sugere-se sua substituição por outros fornecedores de tijolos cerâmicos, que garantam qualidade, prazo e preço compatível. Obs.: A atenção adequada à instrução de serviço existente poderia viabilizar a manutenção do atual fornecedor, bastando que houvesse de fato o atendimento à questão sobre rejeição de recebimento de lotes de materiais de qualidade duvidosa.

Fonte: Próprio autor (2015)

○ Modificação tecnológica:

Oportunidade	Descrição
v. Minimização de perdas geradas na elevação de alvenaria externa III	Uma alternativa seria utilizar a bisnaga para aplicação de argamassa no assentamento dos tijolos, em substituição da colher de pedreiro. A ferramenta permite que a argamassa seja distribuída uniformemente e em formato de cordão, sem desperdícios, sobretudo os de incorporação nos furos dos tijolos. 
vi. Minimização de perdas geradas na elevação de alvenaria externa IV	Outra alternativa para redução de desperdícios de argamassa, é utilizar a colher meia cana para assentamento de tijolos com argamassa, em substituição da colher de pedreiro. A ferramenta permite que a argamassa seja coletada e aplicada uniformemente e em formato de cordão, sem desperdícios, sobretudo os de incorporação nos furos dos tijolos. 

Fonte: Próprio autor (2015)

### Fase 3.3: Avaliações técnica, ambiental e dos gastos para a implementação das oportunidades identificadas

Nesta fase foram elaboradas propostas de avaliações sugeridas pelo CNTL (2007b), distribuídas nas alíneas “a” e “b”.

Os questionamentos foram adaptados de CNTL (2007b) e considerados para avaliações técnicas das oportunidades identificadas na fase anterior. Para a avaliação dos gastos, foram realizados orçamentos e calculados quantidades e custos conforme a necessidade da Obra. Dessa forma, para cada uma das oportunidades destacadas, as

respectivas avaliações realizadas na presente pesquisa foram apresentadas, conforme segue:

**i. Estudo de *layout* do canteiro (pavimento tipo)**

**a) Avaliação técnica e ambiental**

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
  - Impacto sobre a produtividade: redução de movimentações desnecessárias de materiais;
  - Impacto sobre a segurança: evita acidentes de trabalho, por manter o ambiente de trabalho organizado e com facilidade de acessos;
  - Impacto no consumo de recursos naturais e manufaturados e perdas: ao organizar o ambiente e acabar com as movimentações desnecessárias, evita-se a perda de peças por quebras, e conseqüentemente o consumo de recursos naturais e manufaturados. Segundo Giribola (2013), quanto mais deslocamentos há, mais os tijolos quebram, gerando desperdício.
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
  - Não.
- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
  - Não necessariamente.
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
  - Para elaboração do estudo de *layout*:
    - ❖ Sugere-se a equipe técnica de obra, composta pelo engenheiro, técnico em edificações, técnico em segurança do trabalho e estagiários de engenharia;
  - Para implementação do *layout* proposto:
    - ❖ A equipe técnica de obra e de apoio (serventes).
- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?

- Sugere-se a contratação de técnico em edificações.
- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
- Indefinida.
- 7) A qualidade dos resíduos;
- Não se espera impacto na qualidade dos resíduos.
- 8) A redução na utilização de recursos naturais.
- Redução no consumo de matérias primas, haja vista que menos materiais deixarão de se tornar resíduos e comporão o produto final, reduzindo a necessidade de reposição, o que aumentaria o consumo de recursos.

#### **b) Avaliação dos gastos para implementação**

O custo mensal da empresa para contratação do técnico em edificações foi calculado na Equação (5), baseado no salário para cargos de técnico de nível médio praticado na Empresa, R\$ 1.917,00, e dos índices de encargos de mensalista sem desoneração, 72,29%, fornecido pelo Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI, para o Estado do Rio Grande do Sul, em março de 2016.

$$\begin{aligned} \text{Custo mensal do técnico para Empresa} &= R\$1.917,00 + R\$1.917,00 \times 72,29\% & (5) \\ &= R\$ 3.302,80/\text{mês} \end{aligned}$$

Destaca-se que o técnico em edificações terá outras atribuições, e seu custo será dividido entre as outras 23 atividades desenvolvidas nos 4 pavimentos tipo à executar (do 12 ao 15), nos próximos 17 meses de obra (período que compreende o mês posterior no qual foi realizado o diagnóstico, junho de 2015, até a data prevista para conclusão da obra, outubro de 2016). Dessa forma, tem-se para a oportunidade o custo conforme apresentado na Equação (6):

$$\begin{aligned} \text{Custo da oportunidade} &= \frac{\frac{R\$3.302,80}{\text{mês}} \times 17 \text{ meses}}{24 \text{ atividades do pavimento tipo}} & (6) \\ &= R\$ 2.339,48 / \text{atividade do pavimento tipo} \end{aligned}$$

Como a oportunidade “ii” também adota a possibilidade de contratação do técnico em edificações, dessa forma, caso se adote as duas oportunidades, “i” e “ii”, este custo deve ser dividido entre ambas, R\$ 1169,74 para cada, já que trata-se da mesma atividade (elevação de alvenaria).

## **ii. Uso efetivo da instrução de serviço existente**

### **a) Avaliação técnica e ambiental**

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
  - Gera impactos positivos, pelo aumento dos cuidados na aceitação, recebimento, transporte, manuseio e armazenamento dos tijolos cerâmicos, evitando perdas, retrabalhos, consumo desnecessário de recursos e até mesmo aumentando a segurança e manutenção da limpeza do canteiro de obra.
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
  - Não.
- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
  - Não necessariamente.
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
  - A equipe de obra, do engenheiro aos serventes.
- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?
  - Sugere-se a contratação de técnico em edificações para coordenar as implementações.
- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
  - Indefinida.
- 7) A qualidade dos resíduos;
  - Não se espera impacto na qualidade dos resíduos.
- 8) A redução na utilização de recursos naturais.

- Redução no consumo de matérias primas, haja vista que menos materiais deixarão de se tornar resíduos e comporão o produto final, reduzindo a necessidade de reposição, o que aumentaria o consumo de recursos.

#### **b) Avaliação dos gastos para implementação**

Os custos por atividade do pavimento tipo com a contratação de técnico em edificações, já foram discriminados na oportunidade “i”, e resultaram em R\$ 2.339,48. Dessa forma, caso se adote as oportunidades “i” e “ii”, este custo deve ser dividido entre ambas, R\$ 1169,74 para cada, já que trata-se da mesma atividade (elevação de alvenaria).

### **iii. Treinamento e capacitação de pessoas em Produção mais Limpa**

#### **a) Avaliação técnica e ambiental**

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
  - Com a aplicação dos conhecimentos adquiridos pelos funcionários capacitados, se espera impactos positivos em todos os níveis de ações de Produção mais Limpa.
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
  - Não.
- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
  - Seria conveniente, não obrigatório; além do mais, quem os treinará deverá ter informações e exemplos pertinentes com a construção de edifícios.
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
  - Espera-se que todos os setores da Obra e Construtora sejam atingidos, com a aplicação dos conhecimentos adquiridos pelos funcionários capacitados (Ecotime).

- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?
- As necessidades serão avaliadas futuramente pelo Ecotime, mediante o planejamento de implementação de Produção mais Limpa em cada uma das atividades produtivas da obra.
- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
- Indefinida.
- 7) A qualidade dos resíduos;
- Não se espera impacto na qualidade dos resíduos.
- 8) A redução na utilização de recursos naturais.
- Redução no consumo de matérias primas, haja vista que menos materiais deixarão de se tornar resíduos e comporão o produto final, reduzindo a necessidade de reposição, o que aumentaria o consumo de recursos.

#### **b) Avaliação dos gastos para implementação**

Para capacitação dos ECOTIMES em Produção mais Limpa, o CNTL recomenda, em média, 5 encontros com duração total de 20hs, além de palestras de sensibilização de curta duração para todos os colaboradores da empresa, que foi estimada em 5 horas. Além disso, foram consideradas despesas com viagens do especialista, nos trechos que compreendem Porto Alegre – Passo Fundo e Passo Fundo – Porto Alegre. Todos estes itens foram discriminados Quadro 18.

Quadro 18 - Custos envolvidos na contratação do especialista em P+L

<b>Descrição</b>	<b>Custo</b>
Capacitação em P+L em 5 encontros (R\$ 132,00/hora, com estimativa de 25 horas ao todo)	R\$ 3.300,00
Despesas de viagem, ônibus leito (R\$ 110,85/trecho, 10 trechos ao todo)	R\$ 1.108,50
<b>Total</b>	<b>R\$ 4.408,50</b>

Fonte: Próprio autor (2015)

Como esta oportunidade não é restrita à atividade de elevação de alvenaria, seu custo pode ser dividido juntamente com as outras 23 atividades produtivas dos

pavimentos tipo, se obtendo dessa forma, o custo final de R\$ 183,69 para cada uma das 24 atividades.

#### **iv. Substituição de fornecedor de tijolos cerâmicos**

##### **a) Avaliação técnica e ambiental**

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
  - Espera-se impacto no consumo de recursos naturais e perdas, haja vista que a substituição do fornecedor torna-se conveniente dada a facilidade com que as peças do fornecedor atual quebram.
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
  - Sim, o fornecedor substituto deverá comprovar a qualidade das suas peças, mediante apresentação de laudo técnico realizado em laboratório de materiais de construção certificado. Para Andrade e Souza (2000), quando se observa quebras excessivas de tijolos, a verificação da sua resistência deve ser considerada.
- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
  - Não necessariamente.
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
  - A equipe técnica deverá realizar a avaliação dos potenciais fornecedores e indicar o melhor fornecedor ao setor de compras, segundo critérios técnicos e ambientais.
- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?
  - Não.
- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
  - Indefinida.
- 7) A qualidade dos resíduos;
  - Não se espera impacto na qualidade dos resíduos.

8) A redução na utilização de recursos naturais.

- Redução no consumo de matérias primas, haja vista que menos materiais deixarão de se tornar resíduos e comporão o produto final, reduzindo a necessidade de reposição, o que aumentaria o consumo de recursos.

#### **b) Avaliação dos gastos para implementação**

Como a escolha do novo fornecedor depende da avaliação técnica da equipe de obra, não foi possível o levantamento de custo, por não estar definido até o presente momento. Ainda assim, sugere-se o cálculo da diferença de custo por peça, praticada entre os fornecedores atual e futuro, valor este que será usado quando solicitado no Quadro 21.

#### **v. Adoção de ferramentas que reduzam perdas (bisnaga)**

##### **a) Avaliação técnica e ambiental**

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
  - Impacto sobre o processo: substituição da ferramenta de trabalho padrão de pedreiros (colher de pedreiro);
  - Impacto sobre a produtividade: espera-se o aumento da produtividade da mão de obra com o uso dessa ferramenta, contudo deverá ser contabilizado o tempo que se perde para repor a argamassa na bisnaga;
  - Impacto sobre a segurança: sugere-se avaliação específica quanto à ergonomia no uso da bisnaga;
  - Impacto no consumo de recursos naturais e manufaturados e perdas: espera-se a redução do consumo de recursos naturais (argamassa) e perdas (argamassa), tanto por resíduo quanto por incorporação, visto que a bisnaga libera a quantidade suficiente de argamassa para o assentamento dos tijolos.
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
  - Não, mas devem-se verificar detalhadamente as recomendações/especificações do fabricante antes da aquisição da(s) ferramenta(s).

- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
- Seria conveniente. Segundo Giribola (2013), a substituição da colher de pedreiro pela bisnaga possibilita reduzir em cerca de 60% a quantidade de argamassa usada, já que a colher, além de aumentar o desperdício, acaba prejudicando as instalações elétricas devido ao excesso de argamassa que fica dentro dos blocos.
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
- A equipe técnica deverá realizar a avaliação da ferramenta, e sendo aprovado segundo critérios técnicos, ergonômicos e ambientais, sugerir a aquisição à alta administração.
- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?
- Treinamento de funcionários que irão manusear as bisnagas: pedreiros (uso da ferramenta) e serventes (reposição da argamassa na ferramenta).

Conforme as recomendações / especificações do fabricante da bisnaga: durante sua vida útil, uma bisnaga chega a assentar 130m<sup>2</sup> de alvenaria; dura em média 22 dias, lavando a cada uso; capacidade 1,5 litros de argamassa por bisnaga; material com bico em polipropileno com abertura de 21 mm; vendido em pacotes com 6 unidades; e tem o consumo aproximado de 13 kg de argamassa por m<sup>2</sup> de alvenaria assentada.

- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
- Indefinida.
- 7) A qualidade dos resíduos;
- Não se espera impacto na qualidade dos resíduos.
- 8) A redução na utilização de recursos naturais.
- Redução no consumo de matérias primas, haja vista que menos materiais deixarão de se tornar resíduos e comporão o produto final, reduzindo a necessidade de reposição, o que aumentaria o consumo de recursos.

## b) Avaliação dos gastos para implementação

Levando em consideração as informações do fabricante, o qual indica que uma bisnaga chega a assentar 130m<sup>2</sup> de alvenaria (AAB) e que, a alvenaria externa de um pavimento tipo do Edifício em questão, possui área total em torno de 180 m<sup>2</sup> (AT), com descontos de aberturas, 4 pavimentos que ainda faltam elevar (FE), conta-se com a mão de obra de 5 duplas de profissionais e serventes nesta atividade (DP), calcula-se que serão necessários 10 bisnagas, 2 para cada dupla, conforme demonstrado na Equação (7)

$$\text{Quantidade necessária por dupla} = \frac{\left(\frac{AT \text{ m}^2 \times FE}{AAB \text{ m}^2}\right)}{DP} \quad (7)$$

$$\text{Quantidade necessária por dupla} = \frac{\left(\frac{180 \text{ m}^2 \times 4}{130 \text{ m}^2}\right)}{5} = 1,11,$$

*arredonda – se para 2 unidades.*

Os custos envolvidos com a aquisição dessa ferramenta estão discriminados no Quadro 19.

Quadro 19 - Custos envolvidos na aquisição da bisnaga

Descrição	Custo
Aquisição de bisnaga (cada pacote 6 unidades, a R\$ 88,00 o pacote, adquirir 2 pacotes)	R\$ 176,00
Frete	R\$ 0,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 176,00</b>

Fonte: Próprio autor (2015)

Visto que esta oportunidade é semelhante à oportunidade do item “vi”, aconselha-se adotar uma ou outra.

## vi. Adoção de ferramentas que reduzam perdas (colher meia cana)

### a) Avaliação técnica e ambiental

- 1) Gera impacto sobre o processo, produtividade, segurança, consumo de recursos naturais e manufaturados e resíduos?
  - Impacto sobre o processo: substituição da ferramenta de trabalho padrão de pedreiros (colher de pedreiro);

- Impacto sobre a produtividade: espera-se o aumento da produtividade da mão de obra com o uso dessa ferramenta;
  - Impacto no consumo de recursos naturais e manufaturados e perdas: espera-se a redução do consumo de recursos naturais e manufaturados (argamassa) e perdas (argamassa), tanto por resíduo quanto por incorporação, visto que a colher meia cana captura a quantidade suficiente (filete) de argamassa para o assentamento dos tijolos.
- 2) Necessita laudo técnico para comprovação do benefício?
- Não, mas devem-se verificar detalhadamente as recomendações/especificações do fabricante antes da aquisição da(s) ferramenta(s).
- 3) É conveniente a verificação de experiências de outras construtoras com a opção que está sendo estudada?
- Seria conveniente.
- 4) Quais são os setores e cargos atingidos pela implementação das oportunidades de Produção mais Limpa?
- A equipe técnica deverá realizar a avaliação da ferramenta, e sendo aprovado segundo critérios técnicos e ambientais, sugerir a aquisição à alta administração.
- 5) Haverá necessidades de novas contratações ou mudanças de pessoal, operações adicionais e de pessoal de apoio, além do treinamento adicional dos técnicos e de outras pessoas envolvidas?
- Treinamento de funcionários que irão manusear as colheres meia cana: pedreiros (uso da ferramenta).
- 6) A quantidade de resíduos que será reduzida;
- Indefinida.
- 7) A qualidade dos resíduos;
- Não se espera impacto na qualidade dos resíduos.
- 8) A redução na utilização de recursos naturais.
- Redução no consumo de matérias primas, haja vista que menos materiais deixarão de se tornar resíduos e comporão o produto final, reduzindo a necessidade de reposição, o que aumentaria o consumo de recursos.

### b) Avaliação dos gastos para implementação

Como o quadro de funcionários da obra possui 5 duplas de pedreiros e serventes, sugere-se a aquisição inicial de 5 unidades de colher meia cana para teste, com o custo total de R\$ 136,00, conforme demonstrado no Quadro 20.

Quadro 20 - Custos envolvidos na aquisição de colher meia cana

Descrição	Custo
Colher meia cana (5 unidades, R\$ 34,00/unidade)	R\$ 170,00
<b>Total</b>	<b>R\$ 170,00</b>

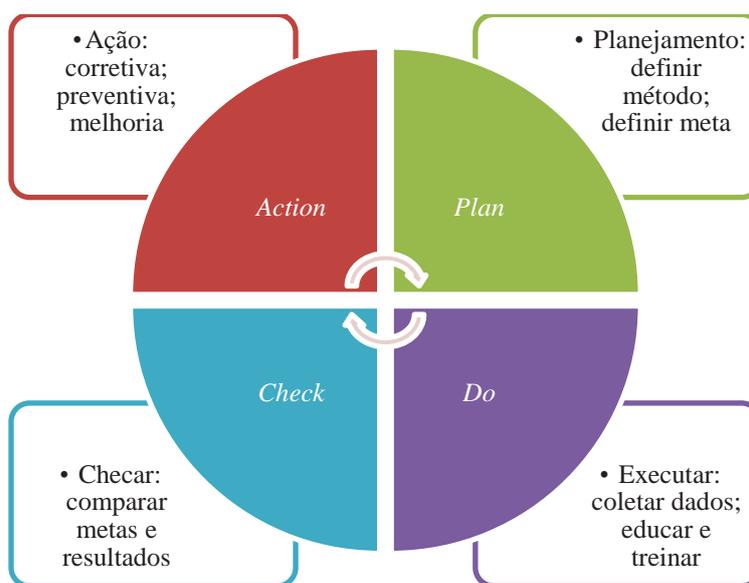
Fonte: Próprio autor (2015)

Visto que esta oportunidade é semelhante à oportunidade do item “v”, aconselha-se adotar uma ou outra.

### Fase 3.4: Plano de implementação

Nesta fase sugere-se um plano de ação para as oportunidades avaliadas na fase anterior. Silva et. al (2013) sugerem a adoção da ferramenta de qualidade, o ciclo PDCA, uma sigla em inglês referente à: *Plan* (planejar), *Do* (executar), *Check* (chechar) e *Act* (agir), adotada de forma a estruturar a implementação do programa de Produção mais Limpa, conforme apresentado na Figura 38.

Figura 38 - Estrutura do Ciclo PDCA



Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

**Passo 1: *Plan* (planejamento)**

Elaborado com o auxílio de uma das ferramentas mais simples e elementares da qualidade, o *5W2H*, que é uma sigla em inglês, referente aos seguintes questionamentos: *What* (o que será feito - etapas); *Why* (por que será feito - justificativa); *Where* (onde será feito - local); *When* (quando será feito - tempo); *Who* (por quem será feito - responsabilidade); *How* (como será feito - método); *How much* (quanto custará fazer – custo).

Segundo Werkema (1995), o objetivo central da metodologia do *5W2H* é responder as sete questões/perguntas que a ferramenta apresenta, organizando-as de uma forma que facilite a elaboração do plano de execução, assim como das atividades que o envolve. Portanto, trata-se de uma lista de verificação (*check-list*), da qual sob cada pergunta origina-se uma resposta, e estas são utilizadas para solução das respectivas oportunidades de Produção mais Limpa, evidenciadas na etapa anterior.

Este passo é apresentado no Quadro 21.

Quadro 21 - Plano de execução das oportunidades de melhoria

O que fazer?	Por que fazer?	Quem fará?	Onde fazer?	Quando fazer?	Como fazer?	Quanto custará?
i. Estudo de <i>layout</i> do canteiro (pavimento tipo)	Para reduzir os índices resíduos	Equipe técnica de obra fará (ou contratará) o estudo do <i>layout</i> adequado	Nos pavimentos tipo.	Antes da execução da elevação de alvenaria externa de cada pavimento	Discriminar materiais e objetos encontrados atualmente no pavimento, verificar sua necessidade de permanência, bem como os caminhos e as quantidades suficientes	O custo desta oportunidade é relativo à função de um técnico em edificações, R\$ 2339,48, conforme calculado no respectivo item da fase 3.3
ii. Uso efetivo da instrução de serviço existente	Para reduzir os índices resíduos	O técnico em edificações será o responsável pelo treinamento. Caso não seja contratado, recomenda-se o engenheiro responsável pela obra	No refeitório da obra (palestra), e nos locais onde ocorram a atividade	No máximo a cada 6 meses, e sempre que um novo funcionário que trabalhará nessa atividade, for contratado	Apresentar demonstrações reais de como fazer, o que não deve ser feito, e o que não deve ser aceito; apresentações de vídeos; ouvir os trabalhadores, quanto à sugestões e queixas	O custo desta oportunidade é relativo à função de um técnico em edificações, R\$ 2339,48, conforme calculado no respectivo item da fase 3.3
iii. Treinamento e capacitação de pessoas em Produção mais Limpa	Para capacitar funcionários que farão parte do Ecotime	O consultor do CNTL em Produção mais Limpa	Nas dependências da obra (refeitório)	A ser definido pela construtora mediante aprovação, e disponibilidade do especialista	A ser definido pelo especialista contratado	O custo desta oportunidade é relativa à contratação de consultoria, R\$ 183,69, conforme calculado no respectivo item da fase 3.3
iv. Substituição de fornecedor de tijolos cerâmicos	Para reduzir os índices resíduos	A equipe de engenharia entrará em contato com outros fornecedores de tijolos cerâmicos da região de Passo Fundo-RS	Os contatos e cadastros serão realizados no escritório da obra, e, caso necessário, a equipe técnica realizará visita nas olarias dos potenciais fornecedores	Tão logo a proposta seja aprovada pela diretoria da construtora	Com respaldo técnico, econômico e ambiental, avaliar e substituir o atual fornecedor de tijolos	Indefinido, por não conhecer os valores do fornecedor que será escolhido.
v. Adoção de ferramentas que reduzam perdas (bisnaga)	Para reduzir os índices resíduos de argamassa	O setor de compras deve efetuar a aquisição; já a equipe técnica deverá garantir o treinamento dos pedreiros, que utilizarão a bisnaga	Pesquisa de custo e aquisição, no escritório da obra; já o uso da ferramenta, no canteiro-de-obra, durante a elevação das alvenarias	Tão logo a proposta seja aprovada pela diretoria da construtora	Utilizar bisnaga para aplicação de argamassa no assentamento dos tijolos, em substituição da colher de pedreiro	A aquisição das bisnagas geram um custo de R\$ 176,00, para finalizar o serviço dos 4 pavimentos restantes
vi. Adoção de ferramentas que reduzam perdas (colher meia cana)	Para reduzir os índices resíduos de argamassa	O setor de compras deve efetuar a aquisição; já a equipe técnica deverá garantir o treinamento dos pedreiros, que utilizarão a colher meia cana	Pesquisa de custo e aquisição, no escritório da obra; já o uso da ferramenta, no canteiro-de-obra, durante a elevação das alvenarias	Tão logo a proposta seja aprovada pela diretoria da construtora	Utilizar colher meia cana para assentamento de tijolos com argamassa, em substituição da colher de pedreiro	A aquisição das colchetes meia cana geram um custo de R\$ 170,00, para finalizar o serviço dos 4 pavimentos restantes

Fonte: Próprio autor (2015)

**Passo 2: Do (execução)**

Este passo consiste em executar as oportunidades conforme planejado no plano de execução, apresentado no passo anterior.

**Passo 3: Check (checar)**

Após realizar o planejamento de execução e executar a implementação das oportunidades de melhoria sugeridas, é hora de coletar dados para acompanhamento dos resultados. É também conhecido na metodologia de Produção mais Limpa proposta pelo CNTL (2007b) como plano de monitoramento

Entretanto, realizar avaliações quanto à redução de perdas e consumo de recursos para cada uma das oportunidades elencadas, e até mesmo combiná-las, trata-se de uma verificação complexa, que envolve diversos fatores. Como as oportunidades destacadas impactam em mudanças de procedimentos e métodos das atividades em estudo, propõe-se o uso do Quadro 22 para acompanhamento de indicadores ambientais e econômicos, dos possíveis benefícios advindos com as implementações.

Tal quadro destaca o uso de indicadores medidos, indicadores com meta de redução de perdas, tanto em volume quanto em unidades monetárias a cada pavimento executado, por área de serviço. Os números apresentados no pavimento 11 são os resultados obtidos no diagnóstico da presente pesquisa, considerados como “marco zero”, pois são os números (ou indicadores) atuais, que geram números para meta de redução no pavimento seguinte, no caso o 12.

O uso de metas de redução é sugerido pelo CNTL para a obtenção de Selo Verde (Desempenho Ambiental) em P+L, de acordo com uma Norma Ambiental desenvolvida especificamente para esta finalidade. Tal certificação é conferida por auditor do CNTL.

Na sequência são apresentadas instruções para preenchimento do Quadro 22.

**1. Volume fixo – girica (m<sup>3</sup>):**

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), adotou-se o volume de 0,070m<sup>3</sup> (ou 70 litros), em função do transporte utilizado dentro da obra para movimentação de resíduos.

**2. Custo (R\$/m<sup>3</sup>) x:**

- a. Destinação: resíduo classe A (total de argamassa residual + tijolos): não foi atribuído custo, já que até o presente momento da pesquisa, a destinação dos resíduos era para preenchimento do desnível do terreno da obra;
- b. Perdas materiais: argamassa: adotou-se o custo de R\$ 300,00 que é o praticado pela empresa que fornece o material fresco para a obra;
- c. Perdas materiais: tijolos (14 x 19 x 24 cm): calculou-se da seguinte forma: se 1 carrinho cheio de cascalho de tijolo, que transporta 0,07 m<sup>3</sup>, aproximadamente 127,02 kg ou 35,21 tijolos na forma residual, já que 1 tijolo nessa dimensão possui massa aproximada de 3,6kg; para 1m<sup>3</sup> de cascalho de tijolos, são necessários aproximadamente 14,3 carrinhos cheios. Com 14,3 carrinhos, tem-se aproximadamente 503,5 tijolos, se cada tijolo custa R\$ 0,96, 503,57 tijolos custam R\$ 483,43.

### 3. Meta de redução de perdas por pavimento:

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), adotou-se a meta de 4%, em virtude da referência do estudo de caso apresentado na revisão bibliográfica; tal percentual de redução de perdas de tijolos é considerado satisfatório para a empresa, entretanto até o momento da realização da sua pesquisa, a meta ainda não teria sido atingida, mas permanecia em análise.

### 4. Área de elevação (m<sup>3</sup>):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), em cada um dos pavimentos tipo adotou-se a mesma área de elevação. Contudo, essas áreas podem variar de acordo com a especificidade do pavimento.

### 5. Quantidade de cargas (unidade) x:

- a. Destinação: resíduo classe A (total de argamassa residual + tijolos): é a soma das quantidades de cargas de giricas dos resíduos em estudo (argamassa e tijolo cerâmico) que foram utilizados para retirá-lo do pavimento em estudo;
- b. Perdas materiais (argamassa): é o acumulado de cargas de argamassa residual, que compõe o resíduo classe “A” (de difícil segregação para quantificação, a qual não foi possível realizar nesta pesquisa);

- c. Perdas materiais (tijolos 14 x 19 x 24 cm): é o acumulado de cargas de tijolo em forma de resíduo, que compõe o resíduo classe “A” (nesta pesquisa foi usado como referência no pavimento 10 apenas a quantificação do cascalho de tijolo, visto que são os pedaços maiores, de fácil segregação).

6. Medição ( $m^3$ ):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é o resultado do volume fixo – girica ( $m^3$ ), pela quantidade de cargas (unidade).

7. Meta para Indicador Ambiental ( $m^2/m^3$ ):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é o resultado do Indicador Ambiental medido no pavimento anterior ( $m^3/m^3$ ) com redução de 4%, que é a meta fixa de redução, adotada por pavimento.

8. Indicador Ambiental medido ( $m^2/m^3$ ):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é a proporção entre a área de elevação ( $m^2$ ) considerada no pavimento, dividida pela medição ( $m^3$ ) de resíduos obtido no mesmo pavimento.

9. Indicador Ambiental Acumulado ( $m^2/m^3$ ):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é a soma dos indicadores ambientais medidos de cada um dos pavimentos, até o pavimento de interesse.

10. Meta para Indicador Econômico (R\$):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é o resultado do Indicador Econômico medido no pavimento anterior (R\$) com redução de 4%, que é a meta fixa de redução, adotada por pavimento.

11. Indicador Econômico medido (R\$):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é o resultado da multiplicação entre o custo (R\$/ $m^3$ ) e a medição ( $m^3$ ) de resíduos obtido no mesmo pavimento.

12. Indicador Econômico Acumulado (R\$):

Para todos os casos (destinação e perdas de materiais – argamassa e tijolos), é a soma dos indicadores econômicos medidos de cada um dos pavimentos, até o pavimento de interesse.

Quadro 22– Indicadores ambientais e econômicos com metas de redução de perdas

OBRA:		Destinação	Perdas materiais		
		Resíduo classe A (total argamassa residual + tijolos)	Argamassa	Tijolos (14 x 19 x 24 cm)	
Volume Fixo – girica (m <sup>3</sup> )		0,070	0,070	0,070	
Custo (R\$/m <sup>3</sup> )		R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 483,43	
Meta de redução de perdas por pavimento		4%	4%	4%	
ELEVÇÃO DE ALVENARIA	PAVIMENTO 11	Área de elevação (m <sup>2</sup> )	173,53	173,53	173,53
		Quantidade de Cargas (unidade)	13	9	4
		Medição (m <sup>3</sup> )	0,91		0,28
		Meta para Indicador Ambiental (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0000	0,0000	0,0000
		Indicador Ambiental medido (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0052	0,0000	0,0016
		Ind. Ambiental Acumulado (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0052	0,0000	0,0016
		Meta para Indicador Econômico (R\$)	R\$	R\$	R\$
		Indicador Econômico medido (R\$)	R\$	R\$	R\$ 135,36
		Indicador Econômico Acumulado (R\$)	R\$	R\$	R\$ 135,36
	PAVIMENTO 12	Área de elevação (m <sup>2</sup> )	173,53	173,53	173,53
		Quantidade de Cargas (unidade)	-	-	-
		Medição (m <sup>3</sup> )	0	0	0
		Meta para Indicador Ambiental (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0050	0,0000	0,0015
		Indicador Ambiental medido (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0000	0,0000	0,0000
		Ind. Ambiental Acumulado (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0000	0,0000	0,0000
		Meta para Indicador Econômico (R\$)	R\$	R\$	R\$ 129,95
		Indicador Econômico medido (R\$)	R\$	R\$	R\$
		Indicador Econômico Acumulado (R\$)	R\$	R\$	R\$

Continua...

OBRA:		Destinação	Perdas materiais	
		Resíduo classe A (total argamassa residual + tijolos)	Argamassa	Tijolos (14 x 19 x 24 cm)
Volume Fixo (girica)		0,070	0,070	0,070
Custo (R\$/m <sup>3</sup> )		R\$ -	R\$ 300,00	R\$ 483,43
Meta de redução de perdas por pavimento		4%	4%	4%
PAVIMENTO 1.:	Área de elevação (m <sup>2</sup> )	173,53	173,53	173,53
	Quantidade de Cargas (unidade)	-	-	-
	Medição (m <sup>3</sup> )	0	0	0
	Meta para Indicador Ambiental (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0000	0,0000	0,0000
	Indicador Ambiental medido (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0000	0,0000	0,0000
	Ind. Ambiental Acumulado (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,0000	0,0000	129,95
	Meta para Indicador Econômico (R\$)	R\$	R\$	R\$
	Indicador Econômico medido (R\$)	R\$	R\$	R\$
Indicador Econômico Acumulado (R\$)	R\$	R\$	R\$	

Fonte: Próprio autor (2015)

#### Passo 4: Act (agir)

Este passo também é conhecido na metodologia de Produção mais Limpa (P+L) proposta pelo CNTL (2007b) como plano de continuidade, é responsável não somente por avaliar os resultados obtidos, mas também criar condições para que o programa tenha sua continuidade, e melhoria contínua.

Também elaborada com o auxílio da ferramenta 5W2H, este passo, apresentado no Quadro 23, atende às condições previstas na metodologia de P+L, e servirá como um guia para melhorias do plano de execução já proposto pela pesquisa.

Quadro 23 - Plano de continuidade das oportunidades de melhoria

O que fazer?	Por que fazer?	Quem fará?	Onde fazer?	Quando fazer?	Como fazer?	Quanto custará?
i. Melhorar os resultados obtidos com o <i>layout</i> proposto (pavimento tipo)	Para reduzir ainda mais os índices de resíduos	Equipe técnica de obra fará o estudo do layout adequado	Nos pavimentos tipo	Após a análise dos resultados do pavimento avaliado e antes da execução da elevação de alvenaria externa do próximo pavimento	Estudar novos caminhos e possibilidades para o pavimento de trabalho	O custo desta oportunidade é relativo à função de um técnico em edificações, R\$ 2339,48, conforme calculado no respectivo item da fase 3.3
ii. Melhorar os resultados obtidos com o uso efetivo da instrução de serviço existente	Para reduzir ainda mais os índices de resíduos	O técnico em edificações será o responsável pelo treinamento. Caso não seja contratado, recomenda-se o engenheiro responsável pela obra	Nos locais onde ocorre a atividade.	Sempre que se observar falhas na execução da atividade	Conversando com os executores, buscando o entendimento do porque não está ocorrendo como previsto e buscando soluções de melhoria	O custo desta oportunidade é relativo à função de um técnico em edificações, R\$ 2339,48, conforme calculado no respectivo item da fase 3.3
iii. Praticar o conhecimento em P+L e entender a outras atividades e funcionários	Para estender o conhecimento a outras atividades e funcionários	O Ecotime	Nas dependências da obra (refeitório)	A ser definido pela diretoria da construtora	Buscando estudos de caso que possam agregar conhecimento e elaborando oportunidades de P+L para outras atividades da obra	Custo da hora de trabalho de cada profissional envolvido – Indefinido
iv. Melhorar os resultados obtidos com a substituição de fornecedor de tijolos cerâmicos	Para reduzir ainda mais os índices de resíduos	A equipe técnica da obra	No escritório da obra	Sempre que se observar problemas nos lotes recebidos	Buscar soluções do fornecedor	Indefinido
v. Melhorar os resultados obtidos com a adoção de ferramentas que reduzam perdas (bismaga) e/ou	Para reduzir ainda mais os índices de resíduos	A equipe técnica da obra	Nos locais onde ocorre a atividade	Sempre que se observar falhas na execução da atividade	Conversando com os executores, buscando o entendimento do porque não está ocorrendo como previsto e buscando soluções de melhoria	Indefinido
vi. Melhorar os resultados obtidos com a adoção de ferramentas que reduzam perdas (colher meia cana)	Para reduzir ainda mais os índices de resíduos	A equipe técnica da obra	Nos locais onde ocorre a atividade	Sempre que se observar falhas na execução da atividade	Conversando com os executores, buscando o entendimento do porque não está ocorrendo como previsto e buscando soluções de melhoria	Indefinido

Fonte: Próprio autor (2015)

### Fase 3.5: Discussão e análise dos resultados

As oportunidades de melhorias para não geração e, na impossibilidade, a redução de resíduos destacadas na presente pesquisa objetivaram, em concordância com a priorização do sistema de gestão estabelecido no programa de Produção mais Limpa (CNTL, 2007b), bem como na Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) e na Política Nacional de Resíduos Sólidos sob Lei Federal 12.305 (BRASIL, 2010a), estratégias de redução na fonte. Não foram listadas opções de reúso e reciclagem, e atendendo à ordem estabelecida nesses documentos, da forma como foi proposto, entende-se que o benefício ao meio ambiente torna-se mais efetivo do que se tais opções fossem priorizadas.

Quanto à metodologia de Produção mais Limpa – P+L utilizada na pesquisa e desenvolvida pelo CNTL (2007b), observou-se que a mesma abre espaço para diversas lacunas que podem causar diferentes interpretações. Por esse motivo outras fontes sobre a metodologia de P+L foram consultadas para o desenvolvimento do trabalho, como as do CEBDS (2012), CNTL (2015), CNTL (2007a), CNTL (2003a) e CNTL (2003b) de forma a tentar suprir essa carência de informações mais objetivas. Uma fonte que contribuiu muito para a finalização deste trabalho foi a de Silva et. al (2013), com suas observações e incrementos de ferramentas da qualidade nas etapas metodológicas de Produção mais Limpa. Outra fonte, adotada para somar nas fases de diagnóstico ambiental e de processo e no entendimento das perdas, foi a de Souza (2005), o qual indica métodos para identificação e coletas de dados.

Em relação aos resultados obtidos no diagnóstico, é importante observar que os mesmos podem ter sido influenciados por fatores que contribuem para sua variação durante a coleta, e transcendem a realidade habitual da obra, como exemplo: cuidados que cada dupla (pedreiro-servente) de trabalho possui ao executar seu serviço, horários e dias diferentes, temperatura ambiente, condição emocional dos funcionários, mudança de procedimentos por estarem acompanhados do pesquisador, etc. Portanto, outras coletas de dados poderiam gerar resultados diferentes no diagnóstico, daqueles obtidos nesta pesquisa, além dos demais pavimentos não acompanhados, inclusive por se tratar de um ambiente onde predomina o trabalho manual, comum aos canteiros de obra convencionais.

Mesmo com o percentual encontrado nos levantamentos de dados atuais da atividade de elevação de alvenaria externa identificados na presente pesquisa, o qual considerou a relação entre o somatório de entradas (*input*) e saídas (*output* – não produto) de 3,7%, Souza (2005) considera a redução de perdas de materiais na produção de edifícios extremamente

desejável, tanto do ponto de vista da busca da sustentabilidade da construção quanto da competitividade das construtoras. Por esse motivo, se propôs oportunidades de melhoria para reduzir ainda mais a geração de resíduos e o consumo desnecessário de recursos naturais e manufaturados, na forma de matéria-prima.

Durante a elaboração da pesquisa, foram levantadas outras opções além das apresentadas na fase de identificação das oportunidades de Produção mais Limpa, tanto para boas práticas operacionais (como solicitar ao atual fornecedor a paletização dos tijolos, por exemplo), bem como a substituição de matérias primas (tijolos cerâmicos por blocos de concreto celular, blocos de concreto e tijolos cerâmicos modulares e blocos que dispensam reboco). Contudo, a paletização no caso dessa obra específica, não seria possível em função de espaço e da logística dos materiais, conforme observado pelo engenheiro da obra. Já as substituições de matérias primas não foram consideradas viáveis no momento da pesquisa, já que impactariam em mudanças na fase de concepção (projeto), o que não é o objetivo deste trabalho.

Em relação à adoção de metas de redução, Silva et. al (2013) observam que o seu estabelecimento para alguns indicadores de desempenho ambiental, tais como resíduos, geração de emissões e consumo de recursos são importantes, porém números específicos podem não ser bem definidos na fase inicial de planejamento, o que a presente pesquisa também pretende deixar claro: não é porque a meta de redução de 4% foi indicada neste trabalho, com base em referência externa, que deva ser uma regra; pelo contrário, a empresa que a utilizará, conhece suas limitações e sabe até onde pode exigir, para alcançar seus objetivos, e dessa forma, a meta é um objetivo totalmente flexível.

Quanto à avaliação isolada, ou combinada, dos benefícios advindos para cada uma das oportunidades evidenciadas, como já observado no item dedicado à proposta do plano de implementação das oportunidades de melhoria, trata-se de uma verificação complexa, que envolve diversos fatores. Como as oportunidades destacadas impactam em mudanças de procedimentos das atividades em estudo, a pesquisa procurou elaborar um método o qual pudesse servir como instrumento avaliativo por meio de indicadores econômicos e ambientais que não distinguem as ações implementadas, mas focam nos resultados, acrescentando meta de redução pré-determinada (de acordo com estudo de caso semelhante), como pode ser observado no Quadro 22, da fase 3.4.

Mas, para que esta redução da geração de resíduos seja possível, é necessário estender o conhecimento em P+L adquirido às outras atividades, e, portanto, é de fundamental importância que a sensibilização e comprometimento da alta administração com tais práticas

ocorram. Para Andrade e Souza (2000), estando a empresa envolvida e comprometida com a gestão do canteiro, os responsáveis pela coleta se sentirão motivados para realização dos serviços, e a motivação aumenta à medida que os resultados começam a surgir.

Dentre os principais benefícios com a possível implementação das oportunidades evidenciadas na pesquisa, destaca-se: as ambientais, de modo que se reduzirá a geração de resíduos, logo os recursos materiais deverão ser eficientemente transportados, armazenados e empregados no produto, que é o edifício em construção, além da redução do transporte e destinação de resíduos, que nesta obra não gera implicações externas, contudo geralmente ocorrem em outras obras de mesma tipologia; e econômicas, com a redução de custos em relação à quantidade de matéria-prima adquirida, e dos retrabalhos, antes do conhecimento do caminho das perdas e com a possível implementação das oportunidades de melhoria.

Observa-se em um dos estudos de caso apresentados nesta pesquisa, para a mesma atividade conforme CNTL (2007b), benefícios também com a segurança e saúde ocupacional no canteiro de obras, por meio da redução de todo e qualquer problema que possa ser gerado com o manuseio inadequado dos tijolos, como a possibilidade de quebras tendo como consequência a causa de possíveis acidentes aos funcionários; além da geração de poeira, etc.

Outro estudo de caso apresentado nesta pesquisa, do CBIC (2012), constatou que com a implementação do programa de P+L, foram geradas boas práticas de sustentabilidade em seus canteiros de obras, tendo como resultado a atuação em todos os processos da cadeia produtiva, tais como: concepção de projetos, mudanças de materiais, mudança no tratamento com fornecedores, os quais promoveram controle, racionalização, monitoramento, e posterior redução dos resíduos gerados no processo construtivo, além da conscientização ambiental e maior comprometimento de toda equipe no processo. Para outra empresa, também citada pelo CBIC (2012), a P+L se inseriu no contexto da construtora, como uma alternativa viável no combate aos problemas ambientais relacionados às atividades construtivas, aumentando assim a eficiência na utilização das matérias-primas, água e energia, e reduzindo os riscos para a sociedade e para o meio ambiente. Ainda observa como lições aprendidas os seguintes itens:

- Planejamento da nova logística do canteiro: não deve haver prejuízo aos fluxos de materiais na obra.
- Queda temporária da produtividade: durante o processo de aprendizagem dos colaboradores, a produtividade pode cair, mas há ganhos absolutos no fim do processo.

Os resultados obtidos na pesquisa foram apresentados aos representantes da Obra e Empresa (Engenheiro responsável pela obra e Engenheiro responsável pelo setor de Qualidade), bem como para um Engenheiro Civil da cidade, com larga experiência em canteiros de obra de edifícios multipavimentos - sem vínculo com a Empresa da obra em estudo. O intuito desta apresentação foi extrair suas percepções e avaliações em relação aos resultados apresentados na etapa 3, com as oportunidades de melhoria na elevação de alvenaria externa. As observações realizadas por eles foram apresentadas no Quadro 24.

Quadro 24 - Observações de representantes da Empresa e Engenheiro experiente, com relação às oportunidades apresentadas na pesquisa

Oportunidade	Observações	
I. Estudo de <i>layout</i> do canteiro	Eng <sup>os</sup> da Empresa	Consideram a oportunidade mais interessante. Um planejamento de layout do canteiro é algo que já foi pensado, mas nunca posto em prática, e que realmente traria vários benefícios para a obra em diferentes aspectos, não somente com relação aos custos diretos, mas também nos indiretos, quando se trata de agilidade dos serviços, economia de tempo e prazo de obra.
	Eng. sem vínculo com a Empresa	Muito oportuno e com custo de implantação baixo, comparado com o desperdício que gera a falta de planejamento no canteiro referente a este item.
II. Uso efetivo da instrução de serviço existente	Eng <sup>os</sup> . da Empresa	É fato que a correta utilização das instruções de trabalho melhoraria a qualidade dos serviços, bem como dos processos aos quais estes fazem parte. A dificuldade, segundo eles, está na questão do treinamento e capacitação dos colaboradores; afinal conseguir resultados satisfatórios requer grande esforço e persistência, uma vez que mudar a mentalidade dos colaboradores não é tarefa fácil. Em virtude da realidade a qual estamos passando no cenário da economia e mercado de trabalho, talvez esta alternativa se torne bastante pertinente, já que se percebe cada vez mais a “sobra” de pessoas não qualificadas no mercado, podendo a construtora “escolher” melhor os seus profissionais. Nessa perspectiva, quem sabe então se criar critérios de contratação mais rígidos, a fim de selecionar melhor a mão de obra.
	Eng. sem vínculo com a Empresa	Aspecto importante que deve ser cumprido na íntegra, uma vez que as instruções de serviço são estudadas e revisadas de forma a buscar melhor qualidade do serviço e menor custo de produção.
III. Treinamento e capacitação de pessoas em P+L	Eng <sup>os</sup> . da Empresa	É uma alternativa a se pensar, no ponto de vista de capacitar os colaboradores que já fazem parte da empresa. Ao nosso ponto de vista, a direção da empresa, talvez não esteja disposta a investir nisto no atual momento. Talvez, capacitar um engenheiro da própria empresa, para este então ficar responsável por disseminar esta cultura da P+L pela empresa, neste caso talvez fique mais fácil uma aceitação por parte da alta direção.
	Eng. sem vínculo com a Empresa	Treinamento é primordial para que se alcance este objetivo.
IV. Substituição de fornecedor de tijolos cerâmicos	Eng <sup>os</sup> . da Empresa	Em virtude das novas exigências por parte da norma de desempenho, foi necessário a utilização de novas tecnologias e técnicas construtivas. Em outra obra, que começou após a obra em estudo, já estão sendo utilizados blocos de outro fornecedor, sendo estes de qualidade muito superior, e também atendendo às especificações de conforto térmico e acústico, além da empresa fornecer laudos e possuir controle de qualidade. Neste momento também levanta-se a hipótese de iniciar a elaboração de projetos de modulação de alvenarias com a utilização de blocos modulares.

Continua...

IV. Continuação	Eng. sem vínculo com a Empresa	Os blocos cerâmicos devem ser de boa qualidade devendo ser inspecionados no recebimento e rejeitados os lotes fora dos limites estabelecidos nas instruções de recebimento de materiais.
V. Adoção de ferramentas que reduzam perdas (bismaga)	Eng. <sup>os</sup> . da Empresa	É uma boa recomendação a utilização da bismaga e/ou colher meia cana para a redução do desperdício na obra. Sendo que seria necessário apenas a insistência em treinamento para os funcionários.
	Eng. sem vínculo com a Empresa	Não é recomendável a adoção de ferramentas como a bismaga, por causar Lesão por Esforço Repetitivo (LER), devido a força que o profissional faz para tirar a argamassa
VI. Adoção de ferramentas que reduzam perdas (colher meia cana)	Eng. <sup>os</sup> . da Empresa	É uma boa recomendação a utilização da bismaga e/ou colher meia cana para a redução do desperdício na obra. Sendo que seria necessário apenas a insistência em treinamento para os funcionários.
	Eng. sem vínculo com a Empresa	A adoção de ferramentas como meia cana e palheta (sugestão), são boas alternativas para reduzir o consumo das argamassas.

Fonte: Próprio autor (2015)

Por fim, os Representantes da Empresa consideram as sugestões bastante pertinentes, com possibilidades de aplicação e adaptação à realidade da empresa, com as ressalvas descritas; e que, dentre todas as sugestões, o estudo de *layout* do canteiro seria a mais interessante para implementação.

## 5 CONCLUSÕES

Neste capítulo foram apresentadas as conclusões do trabalho, que, devido seu enfoque preventivo, gerou possibilidades de redução na fonte, medida esta que viabiliza o aumento de competitividade das empresas por meio da racionalização dos processos, redução dos impactos ambientais e possíveis multas, eficiência na produtividade e emprego de recursos, e ainda benefícios estratégicos, como marketing verde para a conquista de novos clientes, ambientalmente conscientes.

### 5.1 Conclusões da pesquisa

Em relação ao estabelecido no primeiro objetivo específico, referente à seleção do canteiro de obras e atividades para o estudo, foi uma etapa de rápido desenvolvimento, a qual possibilitou o contato inicial do canteiro de obras e com as pessoas que lá trabalhavam, permitindo uma visão geral das rotinas de trabalho e procedimentos adotados. Se observou que a preocupação da empresa com os padrões de qualidade fundamentados na NBR ISO 9001:2008 e no PBQPH, os quais é certificada, está muito focada na documentação e períodos de auditoria, o que permite concluir que a obra necessita de maior fiscalização na rotina diária, os quais podem comprometer a obtenção dessas certificações. Tais procedimentos vão ao encontro dos interesses ambientais, embora não sejam específicos para tal, e, dessa forma, teoricamente, a construtora já demonstrava uma série de cuidados para redução dos seus impactos ao meio ambiente, entre eles, o acompanhamento de indicadores de geração de resíduos, de consumo de água e energia, que são efetivamente medidos.

As principais matérias-primas das atividades eleitas para o estudo de caso, argamassa e tijolo cerâmico, são apontadas na literatura mundial como duas das grandes geradoras de resíduos na construção civil. Fato este, confirmado também em pesquisas locais recentes, que demonstram que as construções na cidade de Passo Fundo-RS fazem parte desse contexto de geração. Sendo assim, a presente pesquisa procurou trazer contribuições para o setor, por meio da redução de aquisições de materiais em quantidade e custos totais.

Quanto ao segundo objetivo específico, o qual buscou a realização do diagnóstico ambiental e de processo das atividades em estudo, foi possível constatar por meio do acompanhamento e quantificação, ineficiências no uso de materiais e mão de obra, que impactavam nos recursos financeiros da Empresa e no meio ambiente. Verificou-se o consumo abusivo de matéria-prima, seja por descuido no transporte ou manuseio, uso de

ferramentas inadequadas, dificuldades de atendimento às atuais instruções de serviço e/ou inexistência de um padrão de produção mais limpa por parte dos executores. Estes aspectos contribuem com a geração de resíduos “Classe A” no canteiro, o que denota o impacto ao meio ambiente pela necessidade da extração de recursos naturais para reposição dos materiais, deliberadamente perdidos na obra.

Ademais, foi observado que a quantificação do consumo de matéria-prima e respectivos resíduos gerados, apresentou-se como uma tarefa complexa e diferenciada das demais quantificações normalmente observadas em pesquisas de levantamento de dados de construção, já que não costumam relacionar as entradas com as saídas tão objetivamente como é apresentado no presente trabalho, e conforme é proposto pelo programa de Produção mais Limpa. Isso exige um planejamento compatível, principalmente quando esta envolve uma indústria de característica nômade, padronização limitada e baixa qualificação técnica da mão de obra, como é o caso da construção civil.

O foco na atividade de elevação de alvenaria externa, revelado pelos dados comparativos com a atividade de execução de reboco interno, demonstrou a necessidade de solução com maior urgência. Mas isso não quer dizer que a outra atividade estudada, assim como todas as demais atividades realizadas no canteiro de obras, não mereçam atenção, avaliação e oportunidades de melhorias. E estas podem ser alcançadas e desenvolvidas por um Ecotime, uma equipe de funcionários que tem a tarefa que realizar diagnósticos e propor melhorias, de acordo com o programa de Produção mais Limpa, assim como demonstrado nesta pesquisa.

Para atingir o terceiro objetivo específico, que propôs a identificação de oportunidades de melhoria, com avaliações e elaboração de um plano de implementação objetivando a redução de resíduos nos processos produtivos de edificações, foi necessário o estudo de suas causas e a busca por oportunidades que se adequassem ao canteiro de obra em estudo, mas que também pudesse servir de referência para outros canteiros semelhantes.

O plano de implementação proposto, incluindo meta de redução, acredita-se ser um bom ponto de partida e monitoramento para minimização dos resíduos no canteiro, inclusive porque a metodologia proposta pode ser aplicada não só em outras obras, mas em outras atividades produtivas dos canteiros, dada sua possibilidade de adaptação. Além disso, observa-se que esta proposta pode levar naturalmente à melhoria contínua, com rotina orientada para aumentar o grau de utilização das matérias-primas, com vantagens técnicas e econômicas, além de potencializar a transformação em produto, de insumos, energia e mão de obra utilizada, garantindo processos mais eficientes.

Com relação às análises dos representantes da Obra e Empresa, e do Engenheiro Civil sem vínculo com a construtora em questão, observa-se que, com exceção da restrição de uso da “bispnaga” (oportunidade V), sinalizada por questões ergonômicas e a “contratação do consultor em P+L” (oportunidade III), pelos gastos envolvidos ao trazê-lo para as instalações da Obra, muito embora não se descarte a possibilidade de enviar um funcionário para treinamento externo, todas as outras são pertinentes e passíveis de implementação, sendo uma já estudada para inclusão, como o “estudo de layout do canteiro” (oportunidade I) e outra já inserida em outra obra da Empresa, “substituição de fornecedor de tijolos cerâmicos” (oportunidade IV).

Espera-se com este trabalho, que esses e outros benefícios também possam fazer parte dos resultados obtidos na Empresa em estudo e daquelas as quais o consultarem, incluindo os benefícios estratégicos com a implementação de medidas amigáveis com o ambiente (marketing verde).

## **5.2 Recomendações para trabalhos futuros**

A presente pesquisa não tem por objetivo esgotar os estudos metodológicos sobre redução de perdas por meio da adoção dos princípios de Produção mais Limpa em canteiros de obras, sobretudo na atividade de elevação de alvenarias. Sendo assim, sugere-se algumas propostas para pesquisas futuras, que possam contribuir com o desenvolvimento do tema:

- Implementação das oportunidades destacadas (realização de testes e avaliações);
- Quantificação de resíduos do processo logístico até o pavimento de trabalho;
- Redução de resíduos de tijolos cerâmicos adotando o uso de pallets;
- Estudo das perdas de materiais no canteiro de obra, conforme metodologia específica;
- Estudo das perdas da mão de obra do canteiro de obra, conforme metodologia específica;
- Avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) para os materiais comumente utilizados em construções dessa tipologia;
- Mensurar o fortalecimento da empresa frente aos clientes, comunidade e autoridades com as ações para redução de impacto ambiental;
- Correlação com a implementação de P+L e atendimento dos requisitos da certificação LEED, referente à resíduos sólidos.

## REFERÊNCIAS

ANDRADE, A. C.; SOUZA, U. E. L. **Método para quantificação de perdas de materiais nos canteiros de obras de construção de edifícios: superestrutura e alvenaria**. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP (BT/PCC/250). São Paulo: USP, 2000. 28 p.

ARAÚJO, V. M. **Práticas recomendadas para a gestão mais sustentável de canteiros de obras**. 2009. 204 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

ARAÚJO, V. M.; CARDOSO, F. C. **Análise dos aspectos e impactos ambientais dos canteiros de obras e suas correlações**. 2010. Boletim técnico da escola politécnica da USP. Departamento de Engenharia de Construção Civil, São Paulo, 2010. 30 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil - 2013**. São Paulo, 2013. 114 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR ISO 14.001** Sistemas de gestão ambiental – Requisitos com orientação para uso. Rio de Janeiro, 2004a.

\_\_\_\_\_. **NBR ISO 10.004** Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004b.

BERNARDES, A. et al. Quantificação e classificação dos resíduos da construção e demolição na cidade de Passo Fundo. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 3, p. 65-76, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 01**, de 23 de janeiro de 1986. Alterada pela Resolução nº 237, de 1997. Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília, 1986. Disponível em: < www.mma.gov.br>. Acesso em: 25 out. 2014.

\_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 307**, de 05 de julho de 2002. Alterada pelas Resoluções nº 348, de 2004, nº 431, de 2011 e nº 448, de 2012. Dispõe sobre gestão dos Resíduos da Construção Civil. Brasília, 2002. Disponível em: < www.mma.gov.br>. Acesso em: 15 out. 2014.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 12.305**, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos - PNRS; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Brasília, 2010a. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm)>. Acesso em: 15 out. 2014.

\_\_\_\_\_. Presidência da República. Casa Civil. **Decreto 7.404**. Regulamenta a Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e dá outras providências. Brasília, 2010b. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm)>. Acesso em: 15 out. 2014.

\_\_\_\_\_. 2011. Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. **Norma Regulamentadora NR-25 Resíduos Industriais**, de 08 de junho de 1978. Alterada pela Portaria SIT nº 253, 04 de agosto de 2011. Dispõe sobre os resíduos industriais.

\_\_\_\_\_. 2012. Ministério do Meio Ambiente. Planos de gestão de resíduos sólidos: manual de orientação. 2012. 157 p. ICLEI-Brasil. Brasília, 2012.

BUTTLER, A. M. **Uso de agregados reciclados de concreto em blocos de alvenaria estrutural**. São Carlos, 2007. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 499 p.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - CBIC. **Industrialização nos canteiros de obra é caminho sem volta**. Brasília, 14 Abr. 2014. Disponível em: < <http://www.cbic.org.br/sala-de-imprensa/noticia/industrializacao-nos-canteiros-e-caminho-sem-volta> >. Acesso em: 7 nov. 2014.

\_\_\_\_\_. CBIC 2012. Guia CBIC de boas práticas em sustentabilidade na indústria da construção. Brasília: Fundação Dom Cabral, 2012. 81 p.

CARDOSO, F. F.; FIORANI, V. M. A.; DEGANI, C. M. Impactos ambientais dos canteiros de obras: uma preocupação que vai além dos resíduos. Câmara Brasileira da Indústria da Construção – CBIC, 2011.

CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL – CEBDS. Guia da Produção mais Limpa faça você mesmo. Rio de Janeiro: CEBDS, 2010. 55 p.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS – CNTL. Cinco fases da implantação de técnicas de Produção mais Limpa. Porto Alegre: SENAI-RS, 2003a. 95 P.

\_\_\_\_\_. CNTL . Questões Ambientais e Produção mais Limpa. Porto Alegre: SENAI-RS, 2003b. 126 P.

\_\_\_\_\_. CNTL . Implementação de programas de produção mais Limpa. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007a. 46 p.

\_\_\_\_\_. CNTL . Produção mais Limpa em edificações. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007b. 88 p.

\_\_\_\_\_. CNTL . Setor da construção civil: estudos de caso. Porto Alegre: SENAI-RS, 2007c. 21 p.

\_\_\_\_\_. CNTL. Informações sobre Produção mais Limpa em edificações [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por jbgularte@hotmail.com em 15 jun. 2015.

DEPARTAMENTO AUTÔNOMO DE ESTRADAS DE RODAGEM - **DAER/RS-EL 105:2001**. Determinação da massa específica real, massa específica aparente e absorção de agregado graúdo. 05 p. 2001.

FERNANDES, M. P. M. *Apreciação de boas práticas visando à geração de um modelo para gestão municipal dos resíduos da construção civil*. 2013. 266 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

FORMOSO, C. T.; SOIBELMAN, L.; DE CESARE, C. M.; ISATTO, E. L. Material Waste in Building Industry: main causes and prevention. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 128, n.4, p. 316-325, 2002.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 2008. 220 p.

GIRIBOLA, M. Alvenaria eficiente. **Equipe de obra**. São Paulo: Pini Web. Vol. 58, 2013. Disponível em: < <http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/58/alvenaria-eficiente-veja-dicas-para-organizar-melhor-o-trabalho-279792-1.aspx>>. Acesso em jan 2016.

GOSCH, Luiz Roberto M. Evolução urbana de Passo Fundo. In WICKERT, Ana Paula (Org.). **Arquitetura e urbanismo em debate**. Passo Fundo: UPF, 2005. P. 69-88.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Sinopse preliminar do Censo demográfico 2000. Rio de Janeiro. 2001. v.7. 415 p.

\_\_\_\_\_. IBGE Cidades: Passo Fundo – RS. Rio de Janeiro. 2010. Disponível em < <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?dados=22&uf=43>>. Acesso em: 24 mai. 2015.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO. 15.392:2008. Sustainability in building construction — General principles. Genebra, 2008.

JOHN, V. M.; AGOPYAN, V. Reciclagem de resíduos na construção. In: **Seminário de resíduos sólidos domiciliares**, São Paulo, 2008. Disponível em: <[www.reciclagem.pcc.usp.br](http://www.reciclagem.pcc.usp.br)>. Acesso em: out. 2014.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do estado da arte: Seleção de materiais**. São Paulo: Projeto FINEP, 2007. 58 p.

JUNG, C. F. **Metodologia Científica e Tecnológica**, 2 ed. Taquara, 2009. Disponível em: <[www.metodologia.net.br](http://www.metodologia.net.br)>. Acesso em: 15 out. 2014.

KARPINSKI, L. A.; MICHEL, P. D. L.; MACULAN, L. S.; GUIMARÃES, J.; SAÚGO, A. Proposta de gestão de resíduos da construção civil para o município de Passo Fundo-RS. In: **Anais XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção-ENEGEP**, 2008, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: ABEPRO, 2008.

KAUARK, F. B.; MANHÃES, F. C.; MEDEIROS, C. H. **Metodologia da pesquisa: um guia prático**. Itabuna: Via Litterarum, 88 p. 2010.

KIPERSTOK, A.; COELHO, A.; TORRES, E. A.; MEIRA, C. C.; BRADLEY, S. P.; ROSEN, M. **Prevenção da Poluição**. Brasília: SENAI/DN, 2002. 290 p.

LIMA, R. S.; LIMA, R. R. R. **Guia para elaboração de projeto de gerenciamento de resíduos da construção civil**. CREA-PR, Paraná, 2009. 58 p.

MÁLIA, M.; BRITO, J.; BRAVO, M. Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 3, p. 117-130, 2011.

MARSHALL JUNIOR, I. et al. *Gestão da Qualidade*. Edição 9. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 2010.

MARKUSSON, N. Unpacking the black box of cleaner technology. **Journal of Cleaner Production**, v. 19, p. 294-302, 2011.

PALADINI, E. P.; CHIAVENATO, I. 5W2H – Como utilizar e suas vantagens. Portal Administração: 2014. Disponível em: < <http://www.portal-administracao.com/2014/12/5w2h-o-que-e-e-como-utilizar.html>>. Acesso em jan 2016.

PASSO FUNDO. **Lei nº 4969 de 03 de janeiro de 2013**. Institui a Política Municipal de Resíduos Sólidos de Passo Fundo e dá outras providências. Disponível em: <<http://pmpf.rs.gov.br/index.php?p=1145&a=1&pm=1&if=1>>. Acesso em nov. 2014.

\_\_\_\_\_. **Lei nº 5102 de 05 de dezembro de 2014**. Dispõe sobre o aproveitamento, reciclagem e processamento de entulho e estabelece diretrizes para o gerenciamento de resíduos oriundos da construção civil no município de Passo Fundo, conforme especifica. Disponível em: <<http://pmpf.rs.gov.br/index.php?p=1145&a=1&pm=1&if=1>>. Acesso em nov. 2014.

\_\_\_\_\_. Plano Municipal de Saneamento Básico: Relatório de prognóstico. Passo Fundo: Prefeitura de Passo Fundo e Universidade de Passo Fundo, 2014a. 668 p.

\_\_\_\_\_. **Metodologia para gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção civil**. 1999. 209 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

\_\_\_\_\_. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: A experiência do SINDUSCON-SP**. São Paulo: Obra Limpa - Instituto e Técnicas em Construção Civil – SINDUSCON-SP, 2008. 48 p.

PINTO, T. P.; GONZALES, J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Manual de orientação 1. Como implantar um sistema de manejo e gestão dos resíduos da construção civil nos municípios. Brasília: CAIXA, 2005.

PONCIANO, N. J. et al. **Análise de Viabilidade Econômica e de Risco da Fruticultura na Região Norte Fluminense**. 2004. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/resr/v42n4/24974.pdf>. Acesso em: 20 de novembro de 2011.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PASSO FUNDO. 2014. Disponível em: <<http://www.pmpf.rs.gov.br/secao.php?p=1196&a=3&pm=158>>. Acesso em: 24 out. 2014.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do Trabalho Científico**. 2 ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. 277 p.

PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA. **The Global Network for Resource Efficient and Cleaner Production**. Rede Latinoamericana de Producción más Limpia, 2014. Disponível em: <<http://produccionmaslimpia-la.net/index.php>>. Acesso em: nov. 2014.

RAMOS, B. F. Indicadores de qualidade dos resíduos da construção civil do município de Vitória-ES. Dissertação. Centro Tecnológico, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2007. 161 p.

REDE DE GESTÃO DA SUSTENTABILIDADE – RGS. Produção mais Limpa no canteiro de Obras – Informativo SINDUSCON-BC. Disponível em: <<http://www.redegs.com.br/artigos/producao-mais-limpa-no-canteiro-de-obras-informativo-sinduscon-bc/>>. Acesso em 15 jan. 2016.

RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa. Legislações estaduais. **Lei nº 14528, de 16 de abril de 2014**. Institua a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. Disponível em: <<http://www.al.rs.gov.br/legislativo/>>. Acesso em mar. 2015.

ROCHA, M. P. **Proposta de Indicadores de Sustentabilidade na Gestão de Resíduos de Construção e Demolição**. 2012. 86 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto-PT, 2012.

SANTOS, A.; FORMOSO, C. T.; ISATTO, E. L.; LANTELME, E. **Método de intervenção para redução de perdas na construção civil**: manual de utilização. Porto Alegre: SEBRAE/RS, 1996. 103 p.

SAURIN, T. A.; FORMOSO, C. T. Planejamento de canteiros de obra e gestão de processos. Porto Alegre: ANTAC - Recomendações técnicas HABITARE, V.3. 2006. 112 P.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS - SEBRAE. Anuário do Trabalho na Micro e Pequena Empresa. Brasília: DIEESE, 2013. 284 p., ed. 6.

SCHEER, S. et al. The scenario and trends in the Brazilian IT construction applications experience. **ITCON special issue construction information technology in emerging economies**. v. 12, p. 193-206, 2007.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO - SINDUSCON PASSO FUNDO. Notícias: Gestão de entulho de obra. Passo Fundo-RS, 29 mai. 2015.

SILVA, D. A. L.; DELAI, I.; CASTRO, M.A.S.; OMETTO, A. R. Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. **Journal of Cleaner Production**. v. 47, p. 174-187, 2013.

SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 138 p. 2005.

SILVA, J. R. da. **Análise da viabilidade econômica da produção de peixes em tanques-rede no reservatório de Itaipu**. Dissertação. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

SILVA, R.; ARNOSTI JR., S. Caracterização do resíduo de construção e demolição (RCD) reciclado. **Holos Environment**, v. 5, n. 2, 2007, p. 137-151.

SKOYLES, E. R. Materials wastage: a misuse of resources. **Building Research and Practice**. Jul / aug 1976

SOBARZO, O. **Passo Fundo**: cidade média com funções comerciais, de serviço e de apoio ao agronegócio. In: SPOSITO, Maria Encarnação B.; ELIAS, Denise, SOARES, Beatriz R. (Org.). Agentes econômicos e reestruturação urbana e regional: Passo Fundo e Mossoró. São Paulo: Expressão Popular, 2010. p. 31-100.

SOIBELMAN, L. **As perdas de materiais na construção de edificações**: sua incidência e controle. Porto Alegre, 1993. 127 p. Dissertação (Mestrado) – Curso de pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SOUZA, U. E. L. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção civil**. São Paulo: Pini Ltda, 2005. 128 p.

SOUZA, U. E. L.; DEANA, D. F. **Levantamento do estado da arte**: consumo de materiais. São Paulo: Projeto FINEP, 2007. 43 p.

SU, X.; ANDOH, A. R.; CAI, H., PAN, J.; KANDIL, A; SAID, H. M. GIS-based dynamic construction site material *layout* evaluation for building renovation projects. **Automation in construction**, v. 27, p. 40-49, 2012.

SUZER, O. A comparative review of environmental concern prioritization: LEED vs other major certification systems. **Journal of Environmental Management**, v. 154, p. 266-283, 2015

UNEP. **International declaration on cleaner production**. Paris, 1998. Disponível em: <<http://www.unep.fr/scp/cp/network/pdf/english.pdf>>. Acesso em: 16 nov. 2014.

UNIDO/ UNEP. **Manual de avaliação de P+L**, traduzido por CNTL/SENAI. Porto Alegre, 1995.

WERKEMA, M.C.C. As ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos, vol. 1. Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. Belo Horizonte, MG, 1995.

WERKEMA, M. C. C. Métodos PDCA e DEMAIC e suas ferramentas analíticas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. 201 p.

WU, Z.; YU, A. T; SHEN, L; L, G. Quantifying construction and demolition waste: An analytical review. **Waste Management**, v. 34, edição 9, p. 1692-1683, 2014.

YIN, R. K. Estudo de caso: planejamento e métodos. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ZUTSHI, A.; CREED, A. An international review of environmental initiatives in the construction sector. **Journal of Cleaner Production**. v. 98, p. 92-106, 2015.

## ANEXOS

### ANEXO A - Instrução de serviço de execução de alvenaria, adotada pela construtora

#### 1. Serviços anteriores

Execução de pilares, vigas e lajes.

#### 2. Materiais e Equipamentos

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	
✓ Blocos cerâmicos;	✓ Metro articulado;
✓ Argamassa de assentamento, industrializada ou não;	✓ Caixote plástico, metálico ou de madeira para acondicionamento da argamassa;
✓ Ferro 5 mm ou tela galvanizada;	✓ Esquadro;
✓ Armaduras para cinta e pilares;	✓ Carrinhos ou giricas, para transportes de blocos;
✓ Vergas;	✓ Andaimos e cavaletes;
✓ Linha de nylon;	✓ Prumo de face;
✓ Lápis de carpinteiro;	✓ Nível de bolha;
✓ Trena;	✓ Serra manual para corte de blocos;
✓ Colher de pedreiro;	✓ Vassoura;
✓ Bloco concreto Celular;	
<b>EPIs:</b> uniforme, capacete, luva, botina.	

#### 3. Procedimento de execução

- Fazer limpeza do piso (remoção de pregos da estrutura, aços de amarração dos pilares e vigas, poeira e materiais soltos).
- Abastecer o pavimento e os locais onde serão executadas as alvenarias com a quantidade e os tipos de blocos necessários à execução do serviço do dia.
- Em conjunto com o mestre é locada a parede, considerando uma folga de 6 cm entre peças para o revestimento, em caso de áreas úmidas, considerar folga de 9 cm.
- Aplicar chapisco nos pilares e nas vigas.
- Assentar os blocos de extremidade fazendo o uso de linha e averiguar o prumo, esquadro e o nivelamento da alvenaria.
- Esticar uma linha de nylon na posição definida para a parede, servindo de referência para alinhamento e nível da fiada de marcação.
- Assentar os blocos intermediários entre os de extremidade com junta de 1,5cm, podendo variar esta espessura em 0,5 cm, verificar a necessidade da argamassa nas duas laterais dos blocos.
- Para o assentamento dos blocos de extremidade junto a pilares, é usado ferro cabelo ou tela galvanizada, a cada 3 fiadas.
- Os vãos para a colocação das portas e janelas devem obedecer ao projeto arquitetônico com folga de no máximo 10cm.

#### Execução do encunhamento

- O espaço entre a alvenaria e a viga/laje deve ser preenchido com espuma expansiva de poliuretano.

- As espessuras do vão para o encunhamento devem ser de aproximadamente de 2 cm ou seguidas conforme orientação do engenheiro.
- O encunhamento deverá ser feito depois de finalizada a alvenaria do pavimento imediatamente superior.

#### 4. Inspeção e critérios de aceitação

A inspeção deve ser realizada antes do início do serviço do chapisco. O registro é realizado por pavimento, sendo inspecionado no mínimo de 80% do mesmo, são inspecionados os seguintes itens:

- ✓ **Esquadro:** é colocado o esquadro nos cantos das peças, a diferença entre a parede e o esquadro não deve exceder 0,5 cm.
- ✓ **Prumo:** realizado com prumo, em diversos pontos da parede, o desvio não deve exceder 0,5 cm, em relação ao comprimento da corda do prumo (2 m).
- ✓ **Dimensões das peças:** a inspeção é realizada na primeira fiada, é conferida a dimensão das peças com a especificação do projeto mais folga de 6 cm entre peças para o revestimento, e 9 cm nas áreas úmidas. A diferença não deve exceder 1 cm por cota.
- ✓ **Vãos de portas e janelas:** a inspeção é realizada antes do chapisco, é conferida com a trena dimensão dos vãos conforme projeto e verificado se foi deixado folga necessária. É tolerado 2cm.

Os critérios de aceitação estão na Tabela 01 e o registro de inspeção é realizado em planilha eletrônica.

**Tabela 01 – Itens, forma de inspeção e tolerâncias**

Execução de Alvenaria de Fechamento			
Itens de Inspeção	Forma	Tolerância	Amostragem
Prumo	Prumo/Laser	0,5 cm	80%
Esquadro	Esquadro/Laser	0,5 cm	80%
Dimensão das peças	Trena	1 cm	100%
Vãos de portas e janelas	Trena	2 cm	100%

## ANEXO B - Instrução de serviço de execução de reboco, adotada pela construtora

### 1. Serviços anteriores:

Alvenarias encunhadas.

Instalações hidráulicas.

Instalações dos eletrodutos e caixas de passagens.

Instalação da tubulação de gás.

Chumbamento dos contra-marcos de janelas e porta-janelas (no caso de reboco externo).

Todo o tipo de instalação embutida na parede.

### 2. Materiais e equipamentos:

MATERIAIS E EQUIPAMENTOS	
✓ Argamassa industrializada ou não;	✓ Régua de alumínio;
✓ Desempenadeira de espuma;	✓ Desempenadeira de madeira ou plástica;
✓ Trincha;	✓ Prumo de face;
✓ Vassoura ;	✓ Esquadro de alumínio;
✓ Nível de mangueira;	✓ Andaimos e cavaletes;
✓ Taliscas;	✓ Água;
✓ Colher de pedreiro ;	✓ Trena metálica;
✓ Linha de nylon;	✓ Tela de estuque;
✓ Escova de aço;	✓ Caixote plástico, metálico ou madeira para acondicionamento de argamassa;
<b>EPIs:</b> capacete, luva, botina, óculos, cinto tipo pára-queda ou trava-queda.	

### 3. Procedimento de execução

#### 3.1 Chapisco, taliscamento e preparo da base

- Antes do chapisco, realizar a limpeza da superfície a fim de eliminar o pó ou materiais soltos que venham a prejudicar a aderência do revestimento.
- Após aplicar o chapisco nos locais que receberão reboco.
- O assentamento das taliscas deve ser iniciado pelas taliscas inferiores, com auxílio de um prumo, para as taliscas superiores.
- O espaçamento entre as taliscas não deve ser superior a 2,00 m., no caso de vão, deve-se fazer taliscas/mestras nas extremidades.
- Conferir o alinhamento das taliscas posicionando uma régua metálica nas portas e aberturas de janelas, considerando o alinhamento das paredes.
- Conferir o esquadro entre cantos de paredes com o auxílio de um esquadro metálico.
- Executar as mestras (faixas) no sentido vertical com argamassa com cerca de 10 cm de largura, tendo como base o alinhamento das taliscas.

#### 3.2 Reboco interno

- Chapar a argamassa na alvenaria respeitando a espessura das mestras, caso a espessura ultrapasse 25 mm, serão tomados os cuidados especiais de forma a garantir a aderência do revestimento.
- Recolher o excesso de argamassa do piso durante a execução.
- Sarrafear a argamassa com uma régua de alumínio, apoiada sobre as mestras, de baixo para cima.
- Retirar as taliscas logo após o sarrafeamento.

- Desempenar a argamassa com desempenadeira de madeira/plástica, assim que esta apresentar o ponto de desempenho.
- Verificar eventual ocorrência de fissuras para corrigir no ponto de desempenho.
- Ao final dos serviços é realizada a limpeza da área de entulhos e a sobra de argamassa.

### **3.3 Parede externa**

- A base da alvenaria deverá ser umedecida quando necessário.
- Com o auxílio do laser, bater o prumo dos panos e colocar linhas para auxiliar no taliscamento.
- O taliscamento é feito com pedaços de madeira ou cacos cerâmicos, espaçados de 1m a 2,2m em ambas as direções.
- Verifica-se o prumo.
- Colocar telas galvanizadas no encontro das alvenarias e estruturas.
- Fazer juntas de dilatação conforme orientação do projetista.
- Executar a mestras entre taliscas, com faixas de argamassas de cerca de 10 cm de largura, chapar a argamassa obedecendo ao prumo e fazer compressão com a colher de pedreiro para melhor aderência, caso a espessura ultrapasse 30 mm, serão tomados os cuidados especiais de forma a garantir a aderência do revestimento.
- Iniciar o sarrafeamento de baixo para cima, mantendo a régua de alumínio sempre limpa. O sarrafeamento não pode ser feito imediatamente após a chapagem da argamassa, é preciso aguardar o ponto de sarrafeamento, que é determinado em função das condições climáticas.
- Retirar as taliscas logo após o sarrafeamento.
- Após sarrafeamento é executado o desempenho da parede.
- Verificar eventual ocorrência de fissuras para corrigir no ponto de desempenho.
- No requadramento das esquadrias deixar uma folga de 0,5 cm em relação ao esquadro, com o contramarco.
- Limpar os contramarcos.

### **3.4 Teto**

- Marcar ponto de referência de nível na parede e colocar as taliscas, ajustando-as conforme nível necessário.
- Assentar as taliscas de extremidade e esticar uma linha de nylon para posicionar o restante das taliscas.
- Executar as mestras entre taliscas, com faixas de argamassa entre 10 a 15 cm.
- Lançar a argamassa no teto, respeitando a espessura das mestras e fazer compreensão com a colher de pedreiro para melhor aderência, caso a espessura ultrapasse 20 mm, serão tomados os cuidados especiais de forma a garantir a aderência do revestimento.
- Sarrafear a argamassa com uma régua de alumínio, assim que esta apresentar o ponto adequado.
- Retirar as taliscas e desempenar o teto dando planicidade à superfície com desempenadeira de madeira/plástica, assim que esta apresentar o ponto de desempenho.

## **4 Inspeção e critérios de aceitação**

A inspeção deve ser realizada antes do início do serviço da pintura. O registro é realizado por pavimento, sendo inspecionado no mínimo 80% do mesmo, são inspecionados os seguintes itens:

- ✓ Planicidade (interno, externo e teto): com a régua de alumínio de 2 m de comprimento, sendo colocada em diversas alturas e posições, as ondulações não devem superar 3 mm em relação a régua.
- ✓ Esquadro (interno): é colocado o esquadro nos cantos das peças, a diferença entre a parede e o esquadro não deve exceder 3 mm.
- ✓ Prumo (interno e externo): realizado com prumo, o desvio não deve exceder 3 mm, em relação ao comprimento da corda do prumo. Para parede externa é aceito 0,5 cm para cada 5m em paredes que receberão pastilhas e 1 cm para paredes sem pastilhas.
- ✓ Nível (teto): realizado com mangueira ou laser, não devendo o desvio exceder L/900 sendo L o comprimento do maior vão do teto.

Os critérios de aceitação estão na Tabela 01 e o registro de inspeção é realizado conforme anexo 01.

**Tabela 01 - Itens, forma de inspeção e tolerâncias**

<b>Execução de Reboco em Parede Interna, Externa e Teto</b>				
<b>Itens de Inspeção</b>		<b>Forma</b>	<b>Tolerância</b>	<b>Amostragem</b>
Reboco em parede interna	Planicidade	Régua	3 mm	80%
	Esquadro	Esquadro/Laser	3 mm	80%
	Prumo	Prumo	3 mm	80%
Reboco em parede externa	Planicidade	Régua	3 mm	80%
	Esquadro	Esquadro	0,5 cm fora de esquadro	80%
	Prumo	Prumo	0,5 cm cada 5 m c/ past.	80%
			1 cm cada 5 m s/ past.	80%
Reboco de teto	Planicidade	Régua	3 mm	80%
	Nível	Mangueira/laser	L/900	80%

## APÊNDICES

### APÊNDICE A - Planilha adotada para referência amostral da capacidade de materiais por carrinho, na quantificação do pavimento em estudo

EXECUÇÃO DE ALVENARIA EXTERNA __º PAVIMENTO			
	carrinho 1	carrinho 2	carrinho 3
	Quantos tijolos couberam nesse carrinho?	E nesse?	E nesse?
Tijolo "fino"(8 furos) inteiro			
Tijolo "fino"(8 furos) 3/4			
Tijolo "fino"(8 furos) 1/2			
Tijolo "grosso" (9 furos) inteiro			
Tijolo "grosso" (9 furos) 3/4			
Tijolo "grosso" (9 furos) 1/2			
Bloco concreto celular "fino"			
Bloco concreto celular "grosso"			



**APÊNDICE C - Contagem dos tijolos assentados no pavimento 10, por panos de alvenaria**

Posição	tijolo cerâmico 9cm			tijolo cerâmico 14cm		
	inteiro	3/4	1/2	inteiro	3/4	1/2
1	0	0	0	209	8	21
2	0	0	0	120		12
6	0	0	0	26	13	13
16	0	0	0	255	3	27
22	0	0	0	93		18
31	0	0	0	102		
32	0	0	0	89	5	6
33	0	0	0	12	3	12
43	0	0	0	172		32
50	0	0	0	147	6	65
64	0	0	0	146		17
67	0	0	0	158	11	36
75	0	0	0	148		24
76	0	0	0	273	2	34
81	0	0	0	120		12
82	0	0	0	26		26
86	0	0	0	88	3	17
75			4	0	0	0
76	32		4	0	0	0
82	47		6	0	0	0
50	36		4	0	0	0
43	32		4	0	0	0
6	49	3	6	0	0	0
1	32		4	0	0	0
16	12		4	0	0	0
<b>Total</b>	<b>240</b>	<b>3</b>	<b>36</b>	<b>2184</b>	<b>54</b>	<b>372</b>
	<b>279</b>			<b>2610</b>		

**APÊNDICE D - Apresentação dos dados que geraram as informações de consumo de argamassa no assentamento de tijolos de 9 cm e 14 cm**

Amostras de alvenaria 9 cm	tijolos assentados por caixa (und)	volume da caixa (m <sup>3</sup> )	Consumo de argamassa por tijolo assentado (m <sup>3</sup> )
1	52	0,032	0,000615
2	47	0,032	0,000681
3	46	0,032	0,000696
4	49	0,032	0,000653
5	44	0,032	0,000727
6	51	0,032	0,000627
7	34	0,032	0,000941
<b>Médias</b>	<b>46,14</b>	<b>0,032</b>	<b>0,000706</b>

Amostras de alvenaria 14 cm	tijolos assentados por caixa (und)	volume da caixa (m <sup>3</sup> )	Consumo de argamassa por tijolo assentado (m <sup>3</sup> )
1	31	0,032	0,001032
2	35	0,032	0,000914
3	33	0,032	0,000970
4	36	0,032	0,000889
5	34	0,032	0,000941
6	41	0,032	0,000780
7	32	0,032	0,001000
8	37	0,032	0,000865
9	29	0,032	0,001103
10	37	0,032	0,000865
11	30	0,032	0,001067
12	34	0,032	0,000941
<b>Médias</b>	<b>34,08</b>	<b>0,032</b>	<b>0,000947</b>

## APÊNDICE E - Ensaio de laboratório para determinação da densidade média do material coletado na atividade de elevação de alvenaria externa

O ensaio para verificação de densidade foi realizado no Laboratório de Materiais de Construção da Universidade de Passo Fundo, utilizando as amostras retiradas das coletas de resíduos de cascalhos de tijolos cerâmicos. A norma do Departamento Autônomo de Estradas de Rodagem - DAER/RS-EL: 2001 foi utilizada como referência. A sequência do ensaio é parcialmente apresentada na Figura 39:

Figura 39 - Ensaio em laboratório para determinação da densidade dos tijolos cerâmicos

(a) Quarteamento da amostra de tijolos cerâmicos



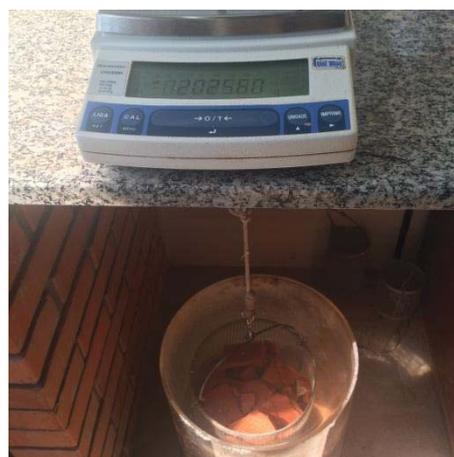
(b) verificação da massa seca



(c) saturação do material por imersão em água, durante 24 horas



(d) verificação da massa submersa



Fonte: Próprio autor (2015)

Os cálculos realizados para conhecer a densidade média do material cerâmico analisado, estão demonstrados na Figura 40.

Figura 40 - Ensaio com amostras de cascalhos de tijolos cerâmicos

Dias: 29 e 30/04 de 2015

Intervalo das medições: 24 horas

Normas ref: DNER-ME 081/98 Agregados - determinação da absorção e da densidade de agregado graúdo  
 DAER/RS-EL 105/01 - Determinação da massa específica real, massa específica aparente e absorção de agregado graúdo

1) Determinar o "peso imerso" calculando a diferença entre o "peso do recipiente cheio" e a "tara do recipiente"

Tijolo cerâmico	Amostra 1 (g)	Amostra 2 (g)	Amostra 3 (g)
Massa seca (Ps)	2674,62	2803,88	2815,77
Massa ao ar com superfície úmida (Ph)	3077,63	3235,92	3251,49
Massa imersa (Pi)	1604,72	1691,24	1698,19

Cálculos:

2) Determinar a "massa específica aparente (MEA)" através da fórmula:

$$\text{Amostra 1: } MEA = \frac{2674,62}{2093,3 - 749,91} \quad \text{Rta: } 1,81587 \quad \text{g/cm}^3$$

1815,87 kg/m³

$$\text{Amostra 2: } MEA = \frac{2803,88}{2251,59 - 836,43} \quad \text{Rta: } 1,815 \quad \text{g/cm}^3$$

1815,19 kg/m³

$$\text{Amostra 3: } MEA = \frac{2815,77}{2267,16 - 843,38} \quad \text{Rta: } 1,813 \quad \text{g/cm}^3$$

1812,77 kg/m³

3) Determinar a "massa específica real (MER)" através da fórmula:

$$\text{Amostra 1: } MER = \frac{2674,62}{2674,62 - 749,91} \quad \text{Rta: } 2,49988 \quad \text{g/cm}^3$$

2499,88 kg/m³

$$\text{Amostra 2: } MER = \frac{2803,88}{2803,88 - 836,43} \quad \text{Rta: } 2,520 \quad \text{g/cm}^3$$

2520,02 kg/m³

$$\text{Amostra 3: } MER = \frac{2815,77}{2815,77 - 843,38} \quad \text{Rta: } 2,520 \quad \text{g/cm}^3$$

2519,52 kg/m³

**Onde:**

Ps = peso seco do agregado seco, em g;

Ph = peso do agregado saturado com superfície seca, em g;

Pi = peso do agregado imerso na água após 24h, em g;

MEA = massa específica aparente, em g/cm³;

Adotar:

1814,61

kg/m³

Fonte: Próprio autor (2015)

**APÊNDICE F - Planilha de controle adotada para quantificação de carrinhos carregados de argamassa necessários para realizar a execução completa de reboco interno, por quitinete**

EXECUÇÃO DE REBOCO INTERNO DE APARTAMENTOS						
<b>Apartamento</b> _____	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:
	Quantas giricas foram necessárias para executar a atividade nesse dia?	Quantas giricas foram necessárias para executar a atividade nesse dia?	Quantas giricas foram necessárias para executar a atividade nesse dia?	Quantas giricas foram necessárias para executar a atividade nesse dia?	Quantas giricas foram necessárias para executar a atividade nesse dia?	Quantas giricas foram necessárias para executar a atividade nesse dia?
<b>Apartamento</b> _____	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:
<b>Apartamento</b> _____	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:
<b>Apartamento</b> _____	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:
<b>Apartamento</b> _____	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:
<b>Apartamento</b> _____	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:	Dia:

### APÊNDICE G - Ensaio com amostras de resíduos da atividade de execução de reboco interno, para determinação da proporção de argamassa residual

Foram extraídas 3 amostras de resíduos da atividade de execução de reboco interno a fim de determinar a proporção de argamassa residual contida, para relacionar com os volumes coletados nas 10 quitinetes estudadas. A obtenção das massas das amostras foi realizada nas balanças do Laboratório de Materiais de Construção da Universidade de Passo Fundo.

Para determinação, primeiramente foi realizada pesagem de cada uma das 3 amostras; na sequência, os demais resíduos encontrados nas amostras, como pequenos fragmentos de tijolos cerâmicos, blocos de concreto celular, concreto, espuma expansiva, entre outros, foram segregados manualmente da argamassa residual, e esta foi então pesada. Os resultados foram apresentados no Quadro 25.

Quadro 25 - Percentual de argamassa residual obtida nas amostras

	Massa da amostra	Argamassa (g)	% argamassa na amostra
Amostra 1	1614,73	1568,58	97,1%
Amostra 2	990,53	945,10	95,4%
Amostra 3	1316,48	1288,69	97,9%
		% médio	96,8%

Fonte: Próprio autor (2015)

A Figura 41 (a) apresenta o momento em que se obtém na balança, a massa da argamassa residual da amostra 3, já segregada dos demais resíduos

Figura 41 – Obtenção da massa das amostras segregadas, retiradas dos resíduos de execução de reboco



Fonte: Próprio autor (2015)