

Paula Duarte Cardi

**Desperdício do bloco cerâmico durante a execução do sistema construtivo de
alvenaria estrutural**

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura
2014

Paula Duarte Cardi

Desperdício do bloco cerâmico durante a execução do sistema construtivo de alvenaria estrutural

Monografia apresentada ao curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicados ao Ambiente Construído.

Belo Horizonte
Escola de Arquitetura
2014

Monografia defendida junto ao programa ao Curso de Especialização em Sistemas Tecnológicos e Sustentabilidade Aplicado ao Ambiente Construído do programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, em 13 de Setembro de 2014, pela banca examinadora constituída pelos seguintes professores:

Professor Dr. Eduardo Cabaleiro Cortizo (orientador)

Professora Msc. Grace Cristina Roel Gutierrez

Msc. Ana Carolina de Oliveira Veloso

RESUMO

Uma obra é feita de componentes que devem ter suas medidas combinadas, seja através de cortes ou lixas. Porém, essas formas de combinação geram sujeira, desperdício de material, tempo e mão de obra. A maneira para evitar este prejuízo é utilizar a coordenação modular junto da concepção de projeto. Esta por sua vez otimiza o processo de produção e ameniza parte do impacto ambiental gerado pelo setor. No entanto, a realidade da construção civil está dessincronizada do panorama mundial no que diz respeito às questões ambientais. Enquanto exigências legais estão sendo revistas e publicadas a fim de delegar responsabilidade aos produtores dos resíduos (construtores e fabricantes), ainda há uma defasagem considerável por parte dos profissionais e projetistas com relação à aplicabilidade da técnica de construção. No caso da alvenaria estrutural, é possível identificar obras em que o sistema está sendo aplicado em desacordo com o projeto de alvenaria (quando este existe) ou em desrespeito com as regras do sistema, que além de não usufruir dos benefícios da técnica, pode prejudicar estruturalmente a edificação. Considerando as questões ambientais, o presente trabalho discursa sobre a adoção de técnicas a fim de amenizar os resíduos ambientais gerados pela construção civil com foco no sistema de alvenaria estrutural. A abordagem da pesquisa é exemplificada por algumas obras em andamento na cidade de Timóteo, interior de Minas Gerais, onde verifica-se a execução da alvenaria estrutural em desacordo com as técnicas que o sistema exige para sua alcançar sua eficiência.

Palavras - chave: Alvenaria estrutural. Resíduos sólidos. Projeto. Construção. Coordenação Modular

ABSTRACT

A work is made of components that must have their combined measures, either through cuts or sanding. However, these forms of combination generate dirt, waste of material, time and labor. The ideal way to prevent this damage is to use modular coordination along the project design. This, in turn, optimizes the production process and eases part of the environmental impact generated by the sector. However, the reality of the civil construction is out of sync from the world regarding to environmental issues. While legal requirements are being revised and published, in order to delegate responsibility of waste producers (manufacturers and builders), there is still a considerable gap from professionals and designers regarding the applicability of the technique of construction. In the case of structural masonry, it is still possible to identify works in which the system is being applied in disagreement with the masonry project (when it exists) or in non-compliance with the rules of the system, in addition to not enjoy the benefits of the technique, it could harm the building structurally. Considering environmental issues, the present work speaks about the adoption of techniques in order to alleviate environmental waste generated by construction focusing on masonry structural system.

Keywords: Structural masonry. Solid waste. Project design. Construction. Modular coordination.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Composição típica dos resíduos sólidos (média 11 municípios).....	6
Gráfico 2 – Caracterização dos geradores (média 3 municípios).....	7
Figura 1 – Entulho gerado por reforma	8
Figura 2 – Entulho gerado a partir de demolições.....	8
Figura 3 – Pessoas catando lixo de forma inadequada.....	9
Figura 4 – Açude contaminado por chorume do lixão em Muriaé	9
Figura 5 – Restos de obras obstruindo as calçadas públicas e gerando impacto	9
Tabela 1 – Discriminação das etapas a serem desenvolvidas durante o processo ..	15
Figura 6 – Relação entre projetos e edificação	17
Figura 7 – As atividades e onde elas ocorrem em uma obra	19
Tabela 2 – As perdas segundo seu conceito e origem.....	20
Figura 8 – Construção primitiva.....	22
Figura 9 – Arranha-céus.....	22
Tabela 3 – Estrutura de concreto	23
Tabela 4 – Estrutura de concreto	24
Tabela 5 – Estrutura em blocos autoportante	25
Tabela 6 – Estrutura em gesso	26
Tabela 7 – Estrutura em terra.....	26
Tabela 8 – Estrutura em madeira.....	27
Tabela 9 – Estrutura em PVC.....	27
Tabela 10 – Estrutura metálica.....	28
Figura 10 – Blocos e componentes cerâmicos de alvenaria	30
Tabela 11 – Classificação dos blocos e componentes cerâmicos da alvenaria	31
Figura 11 – Bloco principal família 30	31
Figura 12 – Bloco principal família 40	31
Figura 13 – Meio bloco família 30	31
Figura 14 – Meio bloco família 40	31
Figura 15 – Bloco amarração família 30.....	31
Figura 16 – Bloco canaleta família 30	32
Figura 17 – Bloco canaleta família 40	32
Figura 18 – Bloco de ajuste família 40	32

Tabela 12 – Preparo da base	34
Figura 19 – Preparo da base.....	34
Tabela 13 – Elevação da 1ª fiada.....	35
Figura 20 – Elevação da 1ª fiada	35
Tabela 14 – Elevação da alvenaria	36
Figura 21 – Elevação da alvenaria	36
Tabela 15 – Grauteamento	37
Figura 22 – Grauteamento	37
Tabela 16 – Vergas e contravergas	37
Figura 23 – Vergas e contravergas	37
Tabela 17 – Encunhamento	38
Figura 24 – Encunhamento	38
Figura 25 – Localização de Timóteo em Minas Gerais	39
Figura 26 – Obra em alvenaria estrutural no bairro Alto Serenata Timóteo	40
Figura 27 – Obra em alvenaria estrutural no bairro Bromélias	40
Figura 28 – Obra em alvenaria estrutural no bairro Eldorado.....	40
Figura 29 – Fachada da escola CEFET-MG	41
Figura 30 – Vista interna da escola CEFET-MG	41
Figura 31 – Dimensões do bloco cerâmico família 30.....	42
Tabela 18 – Desempenho dos elementos construtivos com relação	44
Figura 32 – Módulo = dimensão do bloco	45
Figura 33 – Dimensão modular = dimensão modular + junta	46
Figura 34 – Estimativa da quantidade do bloco/m ²	46
Tabela 19 – Blocos cerâmicos: linhas normalizadas e linhas praticadas	47
Tabela 20 – Blocos cerâmicos e vedação: linhas normalizadas e características	47
Figura 35 – Alvenaria com blocos cerâmicos de dimensões diferentes	48
Figura 36 – Rasgo na alvenaria para passagem de fiação	48

SUMÁRIO

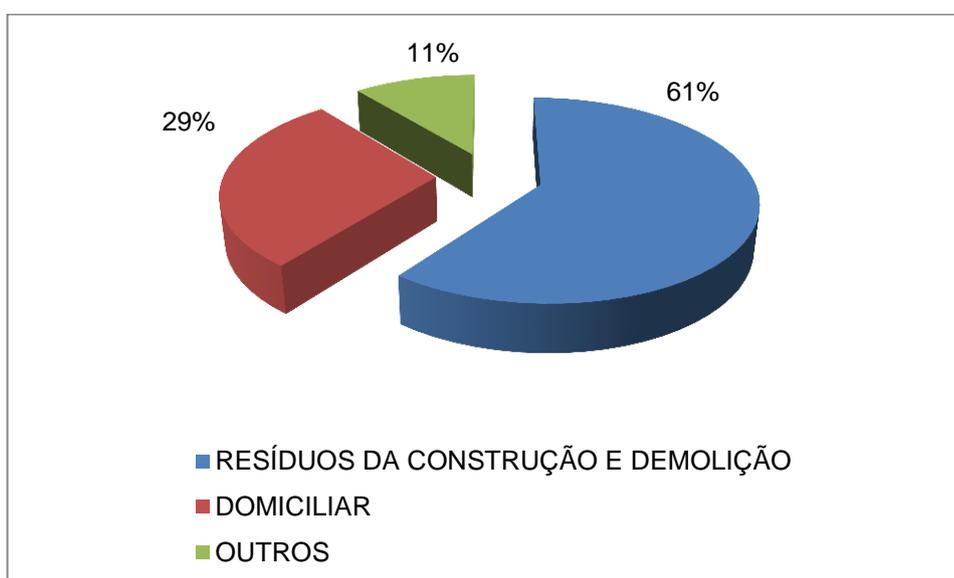
1. INTRODUÇÃO.....	6
1.1 Justificativa.....	10
1.2 Objetivos	12
2. RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO.....	12
2.1 Do projeto arquitetônico à execução da obra.....	14
2.1.1 A origem das perdas	19
2.2 Técnicas construtivas	21
2.3 Alvenaria estrutural	29
2.3.1 Metodologia de execução da alvenaria estrutural	33
3. ESTUDO DE CASO	39
3.1 Local e objeto da pesquisa.....	39
3.2 Coordenação modular	42
3.2.1 Relação dos componentes construtivos com a Coordenação Modular.....	45
3.2.1.1 Bloco cerâmico.....	45
3.2.1.2 Esquadrias	48
4. CONCLUSÃO.....	49

1 INTRODUÇÃO

Há mais de quarenta anos da Revolução Industrial e da Crise de Petróleo, ainda é possível identificar no mundo os efeitos indesejáveis provenientes desses marcos históricos. A intensa migração da população rural para os centros urbanos em busca de melhor qualidade de vida ocasionou o crescimento desordenado das cidades, o aumento do consumo energético e conseqüentemente, o aumento da produção de resíduo urbano.

No Gráfico 1, é possível observar que uma considerável parcela do resíduo produzido pelas grandes cidades brasileiras, é proveniente da atividade da construção civil.

Gráfico 1 – Composição típica dos resíduos sólidos (média 11 municípios)



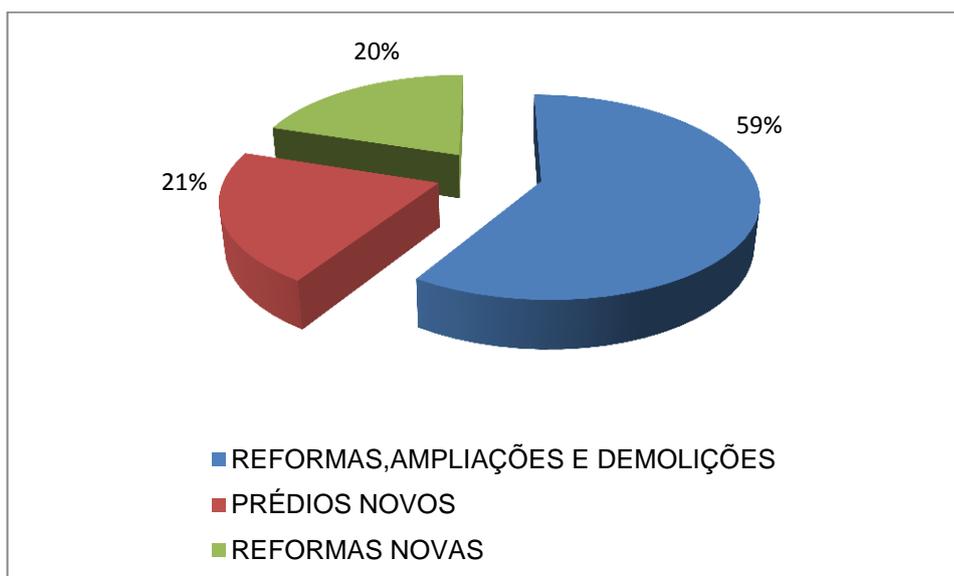
. Fonte: PINTO, [2004?], p. 1.

O surgimento da tecnologia é um acontecimento de múltiplas facetas. Ao mesmo tempo que trouxe benefícios para população, como facilidade de comunicação e agilidade no dia a dia, gera conseqüências desfavoráveis a vida da sociedade.

“A Construção Civil é reconhecida como uma das mais importantes atividades para o desenvolvimento econômico e social, e, por outro lado, comporta-se, ainda, como grande geradora de impactos ambientais, quer seja pelo consumo de recursos naturais, pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos” (SINDUSCON-SP, 2005, p.6).

Os resíduos domiciliares e de serviços de saúde, por serem mais incômodos à população, possuem sistemas de gerenciamento implantados, enquanto no cenário da construção civil, multiplicam-se as áreas de “bota fora” irregulares. Estudos apontam que o entulho gerado pela construção são produzidos a partir de pequenas obras, reformas e demolições, como mostrado no gráfico 2.

Gráfico 2 – Caracterização dos geradores (média 3 municípios)



Fonte: PINTO, [2004?], p. 1.

O entulho gerado na construção civil apresenta complexidade de composição, granulometria, periculosidade e toxicidade, como pode ser observado nas figuras 1 e 2.

Figura 1 - Entulho gerado por reforma



Fonte: JOHN, 2007, p.20.

Figura 2 - Entulho gerado a partir de demolições



Fonte: JOHN, 2007, p.18.

A geração dos resíduos está relacionada com todas as etapas da construção, como: planejamento, projeto, fabricação de materiais e componentes, execução, uso e manutenção. *“Preocupações simples na fase de projeto, como modulações de alvenaria e acabamentos, reaproveitamento de fôrmas e caminhamento de sistemas prediais podem reduzir bastante a existência dos resíduos.”* (NETO, 2010, p.14).

Atualmente, na maioria das cidades brasileiras, os entulhos gerados ainda são encaminhados para aterros controlados e lixões a céu aberto que acondicionam o lixo de maneira inadequada, compactuando para a proliferação de problemas sociais

e ambientais como, por exemplo, a contaminação do solo e lençol freático pelo chorume. Produzem impacto visual, comprometem a qualidade do ar e do solo, servem de abrigo para vetores de doenças, roedores e animais peçonhentos e podem ainda afetar o tráfego de veículos e pedestres. É evidente o comprometimento da qualidade ambiental do espaço urbano (FIGURA 3,4 e 5).

Figura 3 – Pessoas catando lixo de forma inadequada



Fonte: <http://www.amambainoticias.com.br/meio-ambiente-e-tecnologia/residuos-solidos-faltam-recursos-para-transformar-lixoes-em-aterros-sanitarios>, acessado em 29 abr. 2014.

Figura 4 – Açude contaminado por chorume do lixão em Muriaé



Fonte: <http://www.guiamuriae.com.br/noticias/cidade/vazamento-de-chorume-do-lixao-teria-atingido-lencol-freatico-e-contaminado-acude-denuncia-ambientalista/>, acessado em abr. 2014.

Figura 5 – Restos de obra obstruindo as calçadas públicas e gerando impacto visual



Fonte: http://diariodeumdetentonoBrasil.blogspot.com.br/2013_09_01_archive.html, acessado em 29 abr. 2014.

Em 2 de agosto de 2010, foi sancionada a Lei Nº 12.305 onde institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos reforçando a resolução CONAMA 307. A legislação estabelece diretrizes para a gestão e gerenciamento dos resíduos assim como determina a responsabilidade dos geradores e do poder público em ambas as esferas. Os integrantes do setor da construção civil passam a ser obrigado a dar destinação final ambientalmente adequada aos resíduos de construção e demolição, não podendo mais encaminhá-los aos aterros. Fica vedado a permanência e construção de aterros controlados e lixões nos municípios, sendo estes substituídos por aterros sanitários e industriais, permitido apenas para resíduos sem qualquer possibilidade de reciclagem e reaproveitamento.

1.1 Justificativa

Com a publicação da Política Nacional de Resíduos Sólidos, pesquisadores e profissionais da área acadêmica estão desenvolvendo estudos para identificar novas técnicas de reutilização de resíduos de obra, como por exemplo, o agregado de concreto, que está sendo empregado em pavimentações e confecção de argamassa de assentamento e revestimento. Outros materiais também podem ser reutilizados para cascalhamento de estradas, preenchimento de vazios na construção e valas de instalações.

Há, no entanto, um caminho anterior a ser abordado: o da redução de desperdício de materiais inerente ao próprio processo construtivo. Com a enorme quantidade de resíduos gerados atualmente, Kuster (2007) *apud* Neto (2010) afirma que além de reciclagem e reutilização, ha a necessidade de pensar em alternativas para diminuir os impactos ambientais causados pelos resíduos, tais como a redução do volume de entulho a ser tratado.

Embora nem toda perda se transforme efetivamente em resíduo, uma parte acaba ficando na própria obra, os índices médios de perdas fornecem estimativas do quanto se desperdiça em materiais de construção. Em uma obra de médio porte o

entulho gerado corresponde, em média, cerca de 50% de material desperdiçado (PINTO, 1999).

Com o avanço tecnológico, surgiram novos processos construtivos e materiais que proporcionam maior racionalização na obra, diminuição custo benefício e otimiza o tempo de execução, o que de certa forma contribui para amenizar o impacto ao meio ambiente. “Apesar deste panorama, no Brasil, cerca de 98% das obras ainda utilizam métodos tradicionais de construção”. (NOGUEIRA et al, 2012).

Uma obra erguida através de um sistema construtivo racionalizado como a alvenaria estrutural deve apresentar canteiro de obra capaz de armazenar os materiais que por sua vez terão de ser preparados e transportados à medida que houver necessidade. No entanto, é muito comum observar a falta de logística dentro dos canteiros, resultando em atraso na entrega dos empreendimentos.

O sistema de alvenaria estrutural, apesar de já ter sido aprimorado se comparado à época de seu surgimento, pode ser visto como uma técnica de construção tradicional. Requer a preparação da argamassa de assentamento e graute, que em muitos dos casos ainda são feitas e aplicadas de forma manual. Os blocos são assentados individualmente, assim como a argamassa é aplicada e espalhada através de ferramentas como bisonha e colher de pedreiro.

O sistema atingiu seu ápice no Brasil a partir da década de 80, com a construção de unidades habitacionais, reduzindo custos da obra o que fez os construtores e produtores de bloco investirem no sistema a fim de otimizá-lo. Apesar da metodologia de execução que a técnica apresenta, atualmente é possível verificar o surgimento de novas fábricas de materiais e desenvolvimento de pesquisas, o que faz com que os construtores estejam cada vez mais interessados pelo sistema. Cabe aos profissionais projetistas adotarem medidas preventivas desde a fase de

concepção de projeto até a entrega do empreendimento para que se possa abrandar a geração de entulho proveniente da construção civil.

1.2 Objetivos

O objetivo principal do presente trabalho é discursar sobre as possíveis causas do desperdício cerâmico gerado durante as construções, reformas, reparos e demolições de obras da construção civil e os fatores relevantes desde a concepção do projeto à execução da obra que mais contribui para a geração de entulho. Estima-se que os projetistas passem a adotar medidas preventivas na etapa de projeto e/ou obra, capazes de minimizar a geração do entulho. Conseqüentemente, o custo do elemento construtivo e a quantidade de materiais irão diminuir, assim como o impacto ambiental e a necessidade de dar nova finalidade ao resíduo.

2 RESÍDUOS NA CONSTRUÇÃO

Diante do panorama descrito anteriormente a respeito da contribuição do setor civil para com a degradação ambiental e as frequentes discussões dos órgãos públicos e corpo técnico a fim de amenizar o impacto gerado, estima-se que os profissionais das áreas relacionadas ainda não tem total domínio do assunto. Desconhecem as possibilidades de reutilização dos resíduos, tratando todo o resto de um processo, seja ele construtivo ou não, como lixo.

De acordo com o disposto em norma brasileira, o lixo é definido por *“restos das atividades humanas, considerados pelos geradores como inúteis, indesejáveis ou descartáveis. Normalmente, apresentam-se sob estado sólido, semi- sólido ou semilíquido”* (ABNT NBR 10.004, 1987). Porém, muito dos restos sólidos originados das atividades domésticas e industriais podem ser reutilizados. Neste trabalho será

abordado o caso dos resíduos sólidos provenientes da construção civil. A seguir, o significado do termo resíduo sólido segundo norma técnica:

“Material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, e cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível”.
(ABNT NBR 10305, 20010, p. 22.)

O Ministério Público Federal ainda discrimina os resíduos como sobras ou restos do processo produtivo ou de consumo, que tem valor e podem ser reutilizados ou reciclados.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, os resíduos podem ser classificados quanto a sua origem (domiciliares, limpeza urbana, urbanos, estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços, serviços públicos de saneamento básico, industriais, serviços de saúde, construção civil, agrossilvopastoris, transporte e mineração) e periculosidade (perigosos e não perigosos).

Segundo o dicionário Aurélio, desperdício é caracterizado como gasto ou despesa inútil, perda e desaproveitamento. Porém, vale ressaltar que a perda de materiais de construção não é o único tipo de desperdício diagnosticado na obra durante o processo construtivo. Também devem ser consideradas as tarefas desnecessárias que geram custos adicionais e não agregam valor, como a ineficiência no uso de equipamentos e mão-de-obra. Sua origem está relacionada a projetos mal concebidos, desenvolvimento do planejamento executivo coordenado através de princípios obsoletos e predominância da individualidade de ações no canteiro, através de grupos ou pessoas, não havendo a ideia de conjunto, podendo resultar em atraso na entrega do empreendimento.

2.1 Do projeto arquitetônico à execução da obra

Durante o processo de elaboração de projeto arquitetônico, são envolvidos muitos aspectos conflitantes que necessitam de soluções. É necessário identificar as variáveis relacionadas ao custo, prazo, qualidade, materiais, equipamentos e domínio da técnica de execução. Tais informações precisam ser muito bem gerenciadas a fim de minimizar os custos e desperdício na construção.

“Processo de projeto é o conjunto de atividades intelectuais básicas, organizadas em fases de características e resultados distintos. Essas atividades são análise, síntese, previsão, avaliação e decisão. Na prática, algumas atividades podem ser realizadas através da intuição, algumas de forma consciente e outras a partir de padrões ou normas”.
(LANG, 1974 *apud* KOWALTOWSKI *et al*, 2006, p.8).

O procedimento é complexo e pouco externado pelos profissionais. Não possui métodos rígidos e universais, muito embora possam ser atestados alguns procedimentos comuns entre os projetistas, podendo ser representado através de vários mecanismos de informação.

A tabela 1 discrimina as oito etapas a serem desenvolvidas durante um projeto de arquitetura segundo a Norma Brasileira para Elaboração de Projetos de Edificação NBR 13.532.

Tabela 1 - Discriminação das etapas a serem desenvolvidas durante o processo de projeto arquitetônico

(continua)

ETAPAS	PROCEDIMENTOS	REPRESENTAÇÃO
Levantamento de dados (LV-ARQ)	Através das informações fornecidas pelo levantamento topográfico e arquivos cadastrais do município, é traçado o diagnóstico do lote a ser projetado. São levantadas as características do terreno, do entorno, legislações, infra-estrutura existente e orientação geográfica.	Desenhos, textos, fotografias e outros.
Programa de necessidades de arquitetura (PN-ARQ)	Levantamento de dados qualitativos e quantitativos referente a edificação a ser projetada e aos futuros habitantes do imóvel. Levantamento de dados qualitativos e quantitativos referente a edificação a ser projetada e aos futuros habitantes do imóvel.	Desenhos, textos, planilhas.
Estudo de viabilidade de arquitetura (EV-ARQ)	Através das informações encontradas nas etapas LV-ARQ e PN-ARQ, é discriminada a metodologia utilizada para o desenvolvimento do estudo, junto a recomendações, soluções e alternativas (físicas-jurídico legais).	Desenhos, textos, outros.
Estudo preliminar de arquitetura (EP-ARQ)	Através dos dados encontrados nas etapas LV-ARQ, PN-ARQ e EV-ARQ, são apresentadas informações sucintas e suficientes capazes de demonstrar as formas, dimensões, usos, funções, elementos construtivos e seus principais componentes.	Desenhos, textos, maquete, fotografia e recursos audiovisuais.
Anteprojeto de arquitetura (AP-ARQ)	A partir dos dados do EP-ARQ e LV-ARQ, são apresentadas informações técnicas relativas a edificação, seus elementos e componentes construtivos relevantes.	Desenhos, textos.

Tabela 1 - Discriminação das etapas a serem desenvolvidas durante o processo de projeto arquitetônico

(conclusão)

ETAPAS	PROCEDIMENTO	REPRESENTAÇÃO
Projeto legal de arquitetura (PL-ARQ)	Através dos dados gerados nas etapas LV-ARQ, AP-ARQ e normas técnicas (ABNT e INMETRO), é desenvolvido o projeto a ser submetido a aprovação junto ao órgão público municipal, concessionárias e conselhos necessários.	Desenhos e textos exigidos em legislações dos órgãos nos quais o projeto legal será submetido.
Projeto básico de arquitetura (PB-ARQ) opcional	A partir do AP-ARQ, deverá ser apresentada as informações relativas a edificação, elementos e componentes construtivos e materiais. As exigências de detalhamento dependem da complexidade funcional ou formal da edificação.	Desenhos, textos.
Projeto de execução de arquitetura (PE-ARQ)	Através dos resultados das etapas AP-ARQ e PB-ARQ, são geradas informações capazes de instruir a execução da obra pelos profissionais competentes.	Desenhos, textos.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

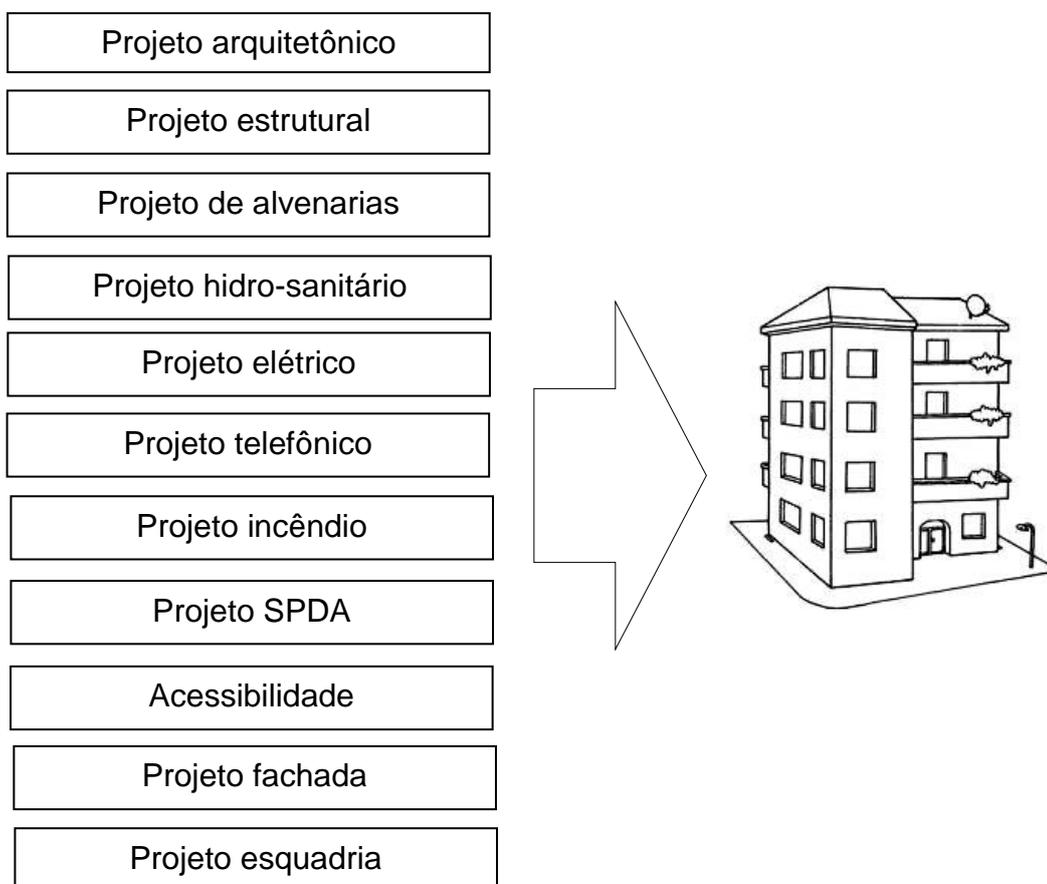
É possível observar que as etapas de projeto são dependentes e complementares. O fato do processo de projeto está intrinsecamente relacionado à criação, faz com que os profissionais de forma geral eliminem etapas, como estudo de viabilidade e estudo preliminar, interpretando as informações de maneira intuitiva e lógica, deixando de identificar informações importantes para o futuro do projeto. Na sua maioria, os projetos arquitetônicos estão focados na resolução de problemas urbano-funcionais e estética.

Na rotina dos escritórios de arquitetura é possível observar a adoção de apenas cinco etapas: levantamento de dados, programa de necessidades, anteprojeto,

projeto legal e executivo. Sendo que esta última não é oferecida por todos os profissionais ou dispensada pelos clientes.

Junto ao projeto de arquitetura devem ser desenvolvidos os projetos complementares à obra. A falta de projetos detalhados e planejamento condizente com a realidade da obra pode gerar uma série de manifestações patológicas na edificação, improdutividade e desperdício. Profissionais e projetos omissos contribuem para a improvisação no canteiro de obras, o que é uma prática inaceitável, pois o produto resultante depende da integração de várias ciências, conforme simboliza a figura 6.

Figura 6 – Relação entre projetos e edificação



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

A formação acadêmica diferenciada entre profissionais da engenharia e arquitetura tem gerado arquitetos com pouca afinidade na prática de obra. O conhecimento técnico pouco fundamentado, a falta de experiência assim como a falta de comunicação entre projetistas e profissionais envolvidos no procedimento, e de compatibilização dos projetos, também podem resultar em mudanças no projeto durante a fase de execução, ocasionando em atrasos, gastos e desperdício de mão-de-obra e materiais. Estima-se que a qualidade do processo de projeto reflita no produto gerado.

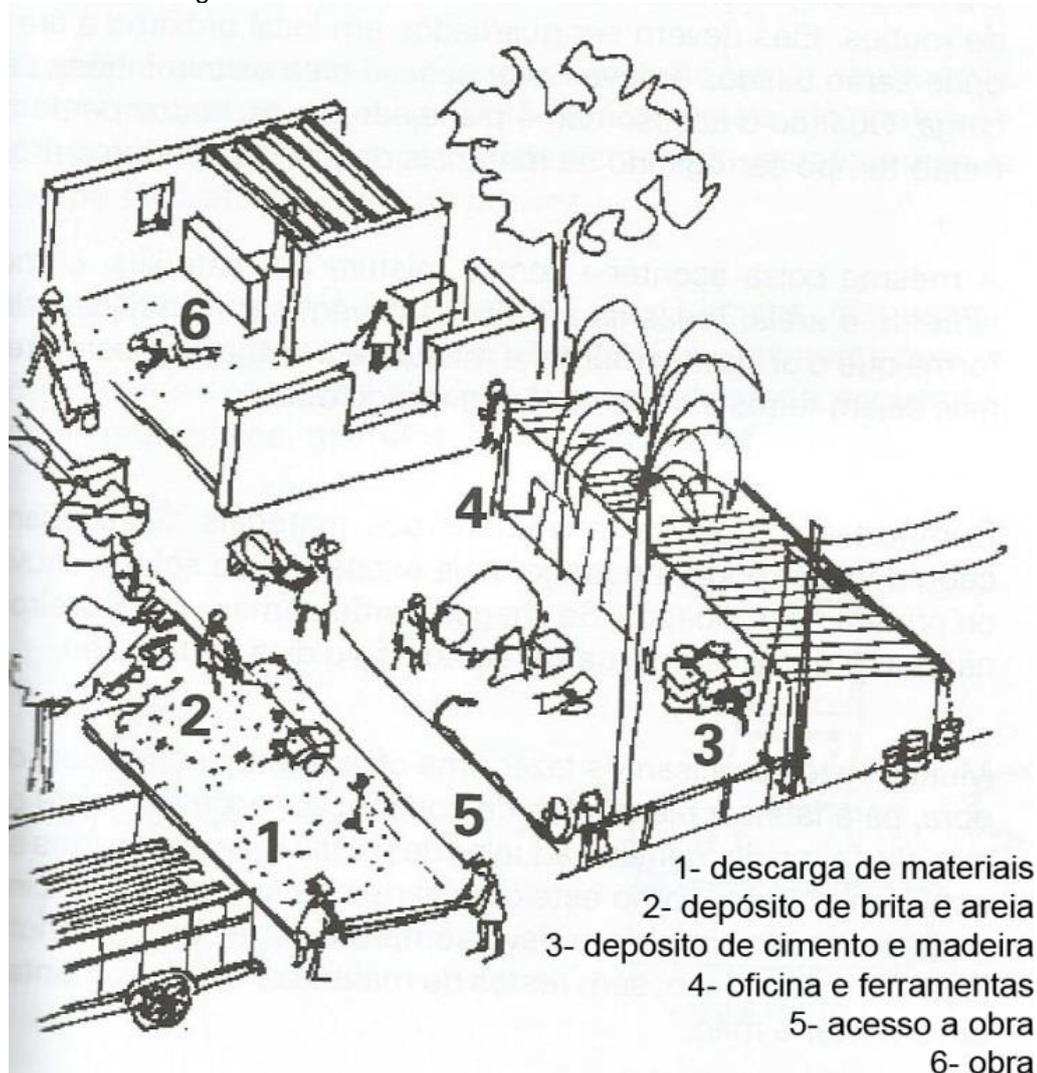
A construção civil se caracteriza por uma série de etapas denominadas etapas de conversão e de fluxo. As etapas de conversão são aquelas onde acontece a transformação da matéria-prima em produto intermediário. As etapas de fluxo, são aquelas responsáveis por fazer as etapas de conversão acontecer através das atividades de transporte, espera e inspeção do material.

As novas filosofias indicam que a eficiência do processo produtivo pode ser melhorada através da eliminação de algumas etapas de fluxo. Quando se envolve uma inovação tecnológica na construção deve ser evitado ao máximo a necessidade dessas atividades que no geral, não são devidamente analisadas nos orçamentos e nas iniciativas de melhoria dos processos. *“Em muitas obras, os trabalhadores trabalham, param para esperar materiais, trabalham, desfazem o que fizeram, continuam trabalhando e assim sucessivamente.”* (KUSTER, 2007 apud NETO, 2010).

O canteiro é um ponto importante de uma obra e a organização de suas atividades também contribuem para o bom desempenho da construção. Deve ser previsto acesso para os caminhões de carga, de modo que os materiais possam ser descarregados e armazenados protegidos das intempéries climatológicas, roubos e próximo à área onde serão usados. Quando o acesso não é planejado os pedreiros perdem muito tempo carregando materiais. A mistura de materiais, como cimento e areia, também deve ser pensada para que o preparo e a aplicação sejam feitos a

curta distância um do outro. Além disso, é importante organizar a chegada dos materiais, considerando o horário de trabalho e a disponibilidade dos funcionários. (FIGURA 7)

Figura 7 - As atividades e onde elas ocorrem em uma obra



Fonte: LENGEN, 2008, p. 349.

2.1.1 A origem das perdas

Conforme mencionado no item anterior, a origem das perdas além de estarem relacionadas com o processo de produção, também estão conectadas aos procedimentos antecedentes, como o de fabricação de materiais, planejamento entre outros. Segundo SACOMANO et al, 2004 *apud* NETO,2012, as perdas são classificadas em nove categorias conforme tabela 2:

Tabela 2 – As perdas segundo seu conceito e origem

TIPO DE PERDA	CONCEITO	EXEMPLO
Superprodução	Produção além do necessário de um determinado serviço	Produção de volume de concreto acima do necessário para concretagem de uma laje
Estoque	Estoque em exceso, devido a falha de programação na entrega do material.	Armazenamento de materiais na obra muito antes de sua utilização.
Espera	Produtos ou serviços em fila esperando para serem executados. Podem envolver tanto perdas de mão-de-obra quanto equipamentos.	Espera para fazer um determinado serviço devido a falta de um determinado material.
Transporte	Desperdício de tempo que não agrega valor e gera custos extras. Está associado ao manuseio excessivo e inadequado de materiais.	Dispêndio de tempo no transporte de materiais entre local de estocagem e o de transformação.
Movimento	Quando o processo de trabalho não é adequado os operários acabam trabalhando em excesso, com menor produtividade.	Maior esforço do operário para fazer uma determinada tarefa devido às condições ergonômicas desfavoráveis.
Processamento	Erro na concepção do produto e/ou nas diversas etapas de sua elaboração, acarretando grandes perdas de: materiais, tempo, hora/homem, hora/máquina, elevando os custos	Retrabalho de uma determinada tarefa devido à falta de detalhamento e construtibilidade do projeto.
Elaboração de produtos defeituosos	Quando os produtos fabricados não atendem à qualidade esperada. Acabam resultando em retrabalho ou redução de desempenho do produto final.	Erro na estrutura devido à falta de integração entre o projeto e a execução, tendo que parte desta ser desfeita.

Fonte: VARGAS *et al*, 1997 apud NETO 2010.

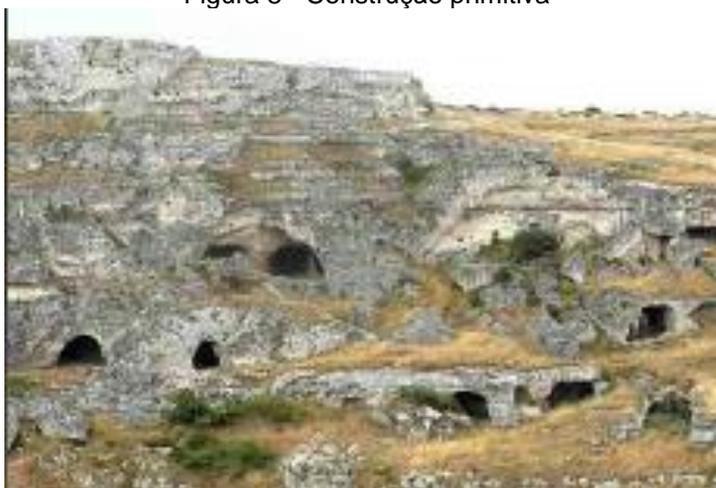
É possível perceber que as perdas estão articuladas entre si e que a qualificação do trabalhador é um importante elemento a ser considerado. Além disso, é necessário conhecer o período da obra em que será preciso profissionais de mão-de-obra especializada, preparar a construção e deixar tudo pronto para que os técnicos possam começar imediatamente. Assim como saber o momento de utilizar as máquinas e quem vai operá-las, pois algumas empresas alugam equipamentos ociosos nos fins-de-semana.

Conclui-se que é preciso planejar para que se tenha uma atividade intensa e eficiente. Ao estar diante de um processo de produção de uma obra, com o amparo dos projetos necessários, é possível ter conhecimento de quando, como e o que deve ser feito, o que contribui para eliminar grandes perdas durante a fase de execução.

2.2 Técnicas construtivas

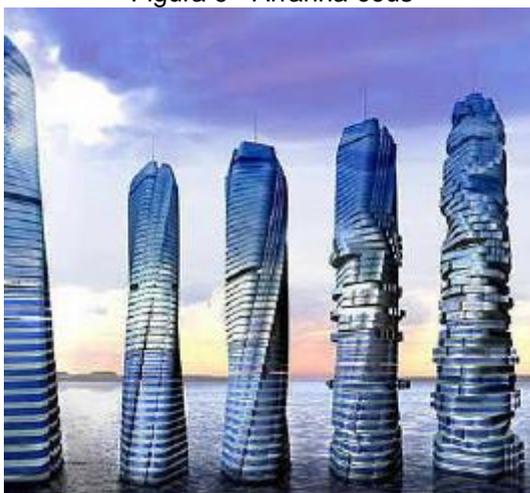
Há cerca de 10.000 anos com a descoberta da agricultura e pecuária, o homem deixou de ser nômade, passando a residir em local fixo. Diante dessa realidade, surgiram as primeiras aldeias e edificações. As primeiras construções foram os abrigos, construídos devido à necessidade de o homem se resguardar, se proteger dos conflitos e das intempéries, dando origem as cavernas. Com as experiências adquiridas com o passar do tempo e passadas de geração para geração, as técnicas construtivas foram sendo aprimoradas e materiais como o barro, palhas e pedras passaram a ser utilizados na fabricação dos abrigos, pontes e templos. Anos mais tarde, com a evolução da humanidade, o ensino e normatizações acerca da construção civil foram difundidos e as pessoas interessadas na área, puderam se especializar e ganhar título profissional. Hoje, é possível observar que as construções primitivas feitas sobre técnicas artesanais deram lugar aos arranha-céus. (FIGURA 8 e 9)

Figura 8 - Construção primitiva



Fonte: <http://civilufpel2011.files.wordpress.com/2011/05/unidade-1-historico1.pdf>, acessado em 2 mai. 2014

Figura 9 - Arranha-céus



Fonte: <http://civilufpel2011.files.wordpress.com/2011/05/unidade-1-historico1.pdf>, acessado em 2 mai. 2014

As tabelas 3,4,5,6,7,8,9 e 10 discriminam algumas técnicas construtivas desenvolvidas durante a história desde os sistemas primitivos como as estruturas de terra às tecnologias mais recentes de construção como o Steel Frame e Wood Frame, que garantem otimização na obra.

Tabela 3 – Estruturas de concreto

(continua)

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
Concreto	Simples	Apresenta alta durabilidade, moldabilidade e resistência a compressão. Para melhorar suas características, é utilizado em conjunto de outros materiais, como por exemplo o aço.
	Armado	Concreto associado a uma armadura metálica, responsável por resistir aos esforços de tração. A estrutura é montada com vergalhões longitudinais e transversais o que torna o sistema mais resistente também aos esforços de flexão e torção.
	Nervurado	O sistema é racional, otimizado, ágil e seguro. As lajes são formadas a partir de formas reutilizáveis ou descartáveis, com aparência semelhante a uma grelha. Tanto as formas quanto os espaçamentos entre cada módulo é concretado. A estrutura permite projetar ambientes com grandes vãos livres. O processo de montagem e desforma é ágil o que facilita a execução.
	Protendido	O concreto é comprimido com a finalidade de em condições de serviços, impedir ou limitar a fissuração e os deslocamentos da estrutura. É mais resistente que o comum e sensível a corrosão, dobras e aquecimento.

Tabela 4 – Estruturas de concreto

(conclusão)

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
Concreto	Nervurado e protendido	A protensão é uma tecnologia utilizada para melhorar o desempenho da estrutura quando estiver necessidade de vãos com menas vigas e lajes com maior capacidade de carga. Com a protensão todo o concreto da estrutura trabalha e as cargas se equilibram. Esse tipo de estrutura permite vãos de 5m a 15m de vão entre pilares. Antes da laje ser concretada, cabos de aço são posicionados e posteriormente (3-4dias) protendidos
	Parede de concreto	Sistema racionalizado, indicado para construções com alta repetitividade, o que agiliza a execução e reduz o gasto com fôrmas. Os painéis são estruturados por treliças metálicas, podendo ser utilizado para fechamentos interno e externos. As tubulações e fiações são embutidas nas paredes que apresentam espessura mínima de 8 cm. Por ser uma técnica de montagem, propicia redução na equipe de trabalho.
	Concreto pré-fabricado	Tem como principal característica a agilidade, economia e eficiência, apesar de exigir mão-de-obra qualificada. São produzidos em escala industrial obedecendo especificações técnicas sob condições rigorosas de qualidade. Os elementos são produzidos em forma própria reutilizáveis, proporcionam montagem seca. Além das matérias primas tradicionais do concreto, possuem armadura em sua composição.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 5 – Estruturas em blocos autoportante

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
	Cerâmico	Paredes auto portantes de bloco cerâmico, provenientes da argila submetida ao processo de queima. A cerâmica apresenta melhor desempenho térmico, dispensa o uso de concreto armado e formas de madeira. Assim como os blocos de concreto, os elementos cerâmicos também são assentados na vertical e apresentam diversidade de formatos. São mais baratos, no entanto o resultado final é mais irregular, exigindo revestimentos mais espessos.
	Cimento	Paredes auto portantes de bloco de concreto, assentados na vertical, moldados em fôrmas metálicas e submetido ao processo de cura. São em geral, mais resistente que os blocos cerâmicos, assim como necessitam de menos argamassa de assentamento e apresentam melhor aspecto final, pois ficam mais lisas. Porém, a estrutura é mais pesada e não tem boa resposta térmica, esfriando no inverno e esquentando no verão. Assim como os blocos cerâmicos, apresentam versatilidade quanto aos tamanhos e tipos.
Blocos	Auto clavado	Pré-fabricados de concreto produzidos em autoclaves, tem seu peso reduzido se comparado ao bloco de cimento convencional. Pode ser aplicado em edificações de pequeno a grande porte, disponíveis em blocos para parede, telhado e piso. É razoavelmente resistente ao frio e a sulfatos.
	Adobe	Técnica produzida artesanalmente que consiste em tijolos de terra superpostos, assentados com argamassa também a base de terra, que devem ser ajustados utilizando fios de prumo e nível. O barro utilizado para fabricação dos tijolos é amassado junto a fibras vegetais, colocado em formas retangulares e posto para secar. O processo de secamento dura em torno de 10 dias. O sistema é propício para regiões de clima quente e seco, com calor de dia e noites frias, devido a sua capacidade de minimizar a variação térmica no interior da construção (inércia térmica). Suas principais vantagens é o baixo impacto ambiental, uma vez que não é necessário envolver o processo de queima e o entulho gerado (terra e fibra) é retornado ao meio. Em contrapartida, a terra deve ser retirada de barreiras legalizadas e fiscalizadas.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 6 – Estruturas em gesso

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
Gesso	Bloco	Paredes menos espessas proporcionando o aumento da área útil e a estrutura da edificação mais leve. Pode ser assentado diretamente sobre o piso definitivo, facilidade de remoção e recuperação.
	Acartonado	Paredes auto portantes em estrutura metálica onde são parafusada as placas de gesso acartonado. Os condutores e tubulações são embutidos dentro da parede que podem ser preenchidas por materiais isolantes melhorando o desempenho térmico do elemento. Há opção de gesso com tratamento especial para ser usado em áreas molhadas. É um sistema de montagem rápido e seco, com pouca presença de água na mistura.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 7 – Estruturas em terra

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
Terra	Pau a pique	Técnica primitiva de construção, consiste no entrelaçamento de madeiras verticalmente fixadas ao solo, com vigas horizontais geralmente de bambu amarradas por cipó. O painel tem seus vãos preenchidos por barro. Quando mal executada pode degradar com o tempo. Atualmente, a técnica foi aprimorada e as amarrações da madeira ao solo passaram a ser feitas com outros materiais, como fibra vegetal e arame galvanizado evitando o apodrecimento da madeira.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 8 – Estruturas em madeira

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
Madeira	Maciça	É provavelmente o material mais antigo da construção devido a sua disponibilidade na natureza e facilidade de manuseio. A estrutura das edificações se dá através de vigas e pilares ligados por pregos e parafusos. Sua principal característica é a anisotropia, que está relacionado ao seu comportamento de acordo com a posição das fibras. Além disso, apresenta melhor resistência mecânica e menor peso se comparado a estrutura de concreto. Porém, está sujeita susceptível a ataque de fungos, a ação do fogo e pode apresentar inúmeros defeitos por se tratar de um material natural.
	Laminada colada	A técnica permite ampliar as vantagens da madeira maciça. O corte das lâminas é feito de acordo com as dimensões pretendidas e a colagem pode ser realizada com cola de cor escura ou cor clara. Dentre suas características, destaca-se a exigência de menor número de ligações, uma vez possível que é possível conceber peças de grande dimensões. Possibilidade de obter peças com raios de curvatura reduzidos e vencer grandes vãos.
	Woodframe	Estrutura em perfis de madeira em conjunto com placas estruturais compostas de OSB. A madeira a ser utilizada deve ser seca e sem imperfeições. Aceita aplicação de acabamento padrão para as paredes. A estrutura pode ser preenchida com materiais isolantes térmicos de acordo com a necessidade da região.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 9 – Estruturas em PVC

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
PVC	Preenchido	Módulos de duplo encaixe, que são montados verticalmente na obra. O sistema contém todos os perfis para a montagem de paredes, tetos, marcos e pré-marcos de janelas, condutores elétricos, rodapés, molduras e acessórios de acabamento. Os perfis são preenchidos com os mais diversos materiais, proporcionando assim uma grande resistência térmica, acústica e mecânica adaptável a todos os tipos de projetos. Suporta até 5 níveis, com o uso de concreto estrutural e sem a necessidade de estrutura resistente independente.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 10 – Estruturas metálicas

ESTRUTURA	TIPO DE MATERIAL	CARACTERÍSTICA
Metálica	Alumínio	A principal característica do material é seu baixo peso, o que não faz com que a estrutura não seja resistente evidenciando sua vantagem sobre o aço na fabricação, transporte e montagem. É muito resistência a corrosão ambiental devido as propriedades de sua matéria prima. É fornecido em perfis sólidos e tubulares.
	Perfil	A maior resistência do aço conduz à melhoria das condições do sistema para vencer grandes vãos, com menores dimensões das peças e menor piso. Além disso garantem menor tempo de execução e maior limpeza na obra. Os perfis são parafusados e soldados entre si. Há tipologias de perfis para vigas, colunas e contraventamentos.
	Laminado	No processo de produção, o perfil metálico é aquecido através de um tarugo de aço que passa por diversos rolos conformadores que geram o aspecto final do elemento (Perfil I, H, tubular sem costura, etc). Logo, estrutura metálica laminada quer dizer a forma que o perfil foi fabricado, afinal os perfis metálicos também podem ser formados a frio o que influi no dimensionamento estrutural.
	Steel frame	Conhecida como um método de construção seca, emprega uma armação de aço galvanizado envolta por uma combinação de painéis que podem ser feitos de vários materiais. Os perfis são dispostos por uma laje, formando um esqueleto único, unidos por parafusos. Na sequência aparece as camadas de fechamento por onde passa os elementos das instalações elétricas e hidráulicas. O fechamento pode ser preenchido por materiais, como a lã de rocha, que contribui para o melhor desempenho acústico da edificação. O método construtivo é apenas de montagem, pois o material chega pronto na obra, o que reduz o prazo de execução.

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

A cada dia surgem no mercado técnicas que garantem obras mais rápidas, mais limpas e mais econômicas. Se caracterizam por processos de montagem de peças e elementos que chegam prontos no canteiro. Com isso tendem a gerar menos entulho, reduzem a equipe de trabalho e gastam menos tempo com preparo e transporte dos materiais, como é o caso dos sistemas especiais em Steel Frame, paredes de concreto e PVC. No entanto, ainda não são acessíveis a toda a população, devido ao processo de fabricação dos materiais e matéria-prima com custo maior.

Porém, qualquer que seja a técnica construtiva escolhida para ser aplicada, esta deverá ser considerada desde a concepção do projeto, a fim de evitar incompreensões e falta de informações que colaboram para que ocorra perda de tempo, erros e repetições durante a execução.

2.3 Alvenaria estrutural

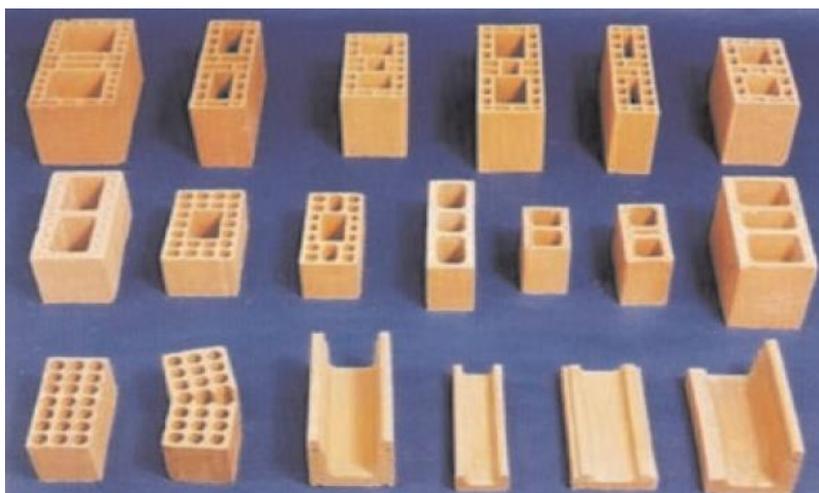
A principal característica funcional do sistema de alvenarias é a vedação, determinação de ambientes internos e a separação física externa e interna. Além disso, os componentes podem assumir a função estrutural, suportando cargas verticais e horizontais. É composto por elementos de alvenaria unidos por juntas de argamassa.

Presente há mais de dez mil anos na construção, a técnica da alvenaria estrutural teve sua origem na Mesopotâmia, com a construção de colmeias em formato de abóbodas, feitas com tijolos queimados ao sol. Também era possível de ser erguida utilizando materiais como a taipa de pilão, adobe, pau-a-pique ou contraria (blocos de rocha). Com o passar do tempo, foi possível observar construções de grande porte sendo feitas com blocos de pedra como as pirâmides, seguida das catedrais da Idade Média, Muralha da China, entre outros edifícios. Por volta de 1900, houve uma decadência no sistema construtivo devido à dimensão que as paredes de tijolos

apresentavam. A larga espessura e robustez que a estrutura exibia era proveniente do desconhecimento das tensões atuantes no sistema e das resistências dos materiais empregados, resultando em construções onerosas, cuja potencialidade dos materiais empregados não eram totalmente exploradas. A técnica sofreu uma decadência na sua aplicabilidade com a evolução do aço e do concreto, que possibilitaram estruturas mais esbeltas. Porém, com o relevante consumo desses materiais durante a guerra, a alvenaria retomou seu espaço no mercado civil. Deram início aos estudos em laboratórios para otimizar o sistema e com isso seus principais componentes, bloco e argamassa, passaram a apresentar melhores desempenho. Atualmente encontram-se disponível do mercado duas tipologias de materiais regulamentados por normas brasileiras a serem empregados nesse tipo de sistema: o bloco cerâmico e o bloco de concreto.

Os blocos estruturais e componentes cerâmicos, figura 10, são regulamentados pela norma brasileira NBR 15.270-2. Fabricados de argila e queimados ao forno, possuem furos em uma das faces que devem ser assentados na vertical. A figura a seguir, ilustra os tipos de blocos estruturais e componentes cerâmicos, necessários para execução da técnica construtiva.

Figura 10- Blocos e componentes cerâmicos de alvenaria



Fonte: Construções e reparos I, 2008.

As construções devem ser moduladas em múltiplos de 20cm ou 15cm com blocos da família de 40cm e 30cm respectivamente. Ambos os grupos apresentam uma

variedade de elementos para serem utilizados nas cintas das elevações, passagem de tubos e fiações. (TABELA 11). O sistema é promissor, pois continua sendo aperfeiçoado e pode apresentar redução no custo da obra.

TABELA 11 – Classificação dos blocos e componentes cerâmicos da alvenaria estrutural

(continua)

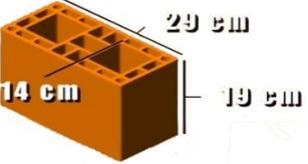
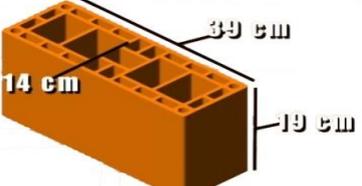
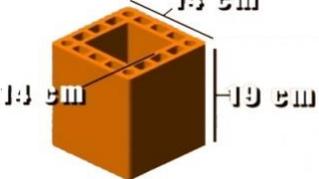
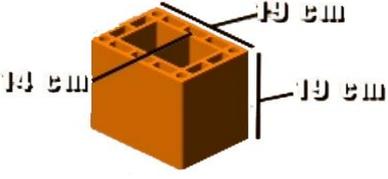
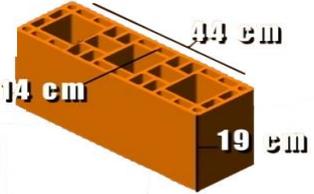
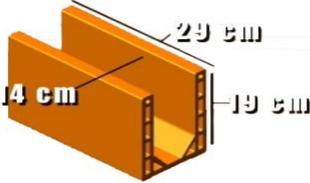
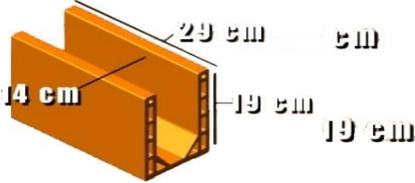
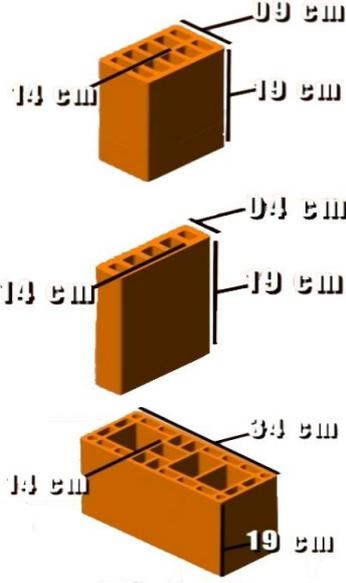
IDENTIFICAÇÃO	FAMÍLIA 30 CM	FAMÍLIA 40 CM
Bloco principal	Figura 11 - Bloco principal família 30 	Figura 12 - Bloco principal família 40 
	Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.	Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.
Meio bloco	Figura 13 - Meio bloco família 30 	Figura 14 - Meio bloco família 40 
	Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.	Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.
Bloco amarração	Figura 15 - Bloco amarração família 30 	-
	Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.	

TABELA 11 – Classificação dos blocos e componentes cerâmicos da alvenaria estrutural

(conclusão)

IDENTIFICAÇÃO	FAMÍLIA 30 CM	FAMÍLIA 40 CM
Canaleta	<p data-bbox="571 546 927 607">Figura 16 - Bloco canaleta família 30</p> 	<p data-bbox="949 546 1436 575">Figura 17 - Bloco canaleta família 40</p> 
	<p data-bbox="571 898 927 987">Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.</p>	<p data-bbox="1007 898 1378 987">Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.</p>
Blocos de ajuste	-	<p data-bbox="949 1001 1433 1061">Figura 18 - Blocos de ajuste família 40</p> 
		<p data-bbox="1007 1760 1378 1850">Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

2.3.1 Metodologia de execução da alvenaria estrutural

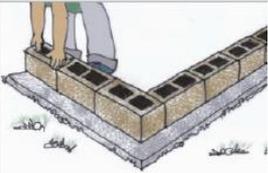
Para execução da obra, alguns pré-requisitos são necessários como, projeto arquitetônico, estrutural, de alvenarias, hidros-sanitários, elétricos, telefônicos e até prevenção e combate a incêndio em edificações específicas. Além destes requisitos e dos materiais tradicionalmente utilizados em obras, alguns equipamentos são necessários para a execução da alvenaria estrutural. Para execução da técnica construtiva é utilizado os seguintes equipamentos listados abaixo:

- *Colher de pedreiro* para espalhar a argamassa de assentamento dos blocos da 1ª fiada, assentamento das juntas transversais e para retirar o excesso da argamassa da parede após o assentamento dos blocos;
- *Prumo de face e escantilhão* para nivelar e prumar as fiadas de blocos durante o assentamento;
- *Linha de nylon, fio traçante e esticador de linha* para garantir o alinhamento das paredes;
- *Trena* para conferência e medição;
- *Esquadro* para medir o esquadro das peças durante a marcação da 1ª fiada de blocos;
- *Brocha* para umedecimento;
- *Nível alemão e régua com nível* para nivelar e prumar as lajes;
- *Palheta, canaleta ou bisnaga* para distribuir os cordões de argamassa nas juntas longitudinais de assentamento dos blocos;
- *Carrilhas* para deslocamento dos blocos e argamassa;
- *Gabaritos* para portas e janelas;
- *Caixote* para argamassa.

As tabelas 12,13,14,15,16 e 17, discriminam a técnica de execução da alvenaria estrutural em etapas, ressaltando a necessidade do acompanhamento do projeto em cada uma delas. A técnica é composta basicamente por materiais como a

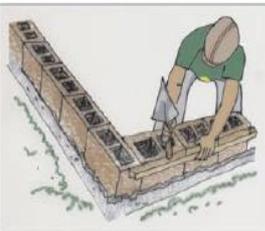
argamassa, blocos, graute e barras de aço que devem estar disposto no canteiro de forma adequada para início da obra.

Tabela 12- Preparo da base

ETAPA: PREPARO DA BASE		
Figura 19 - Preparo da base	EXECUÇÃO	PROJETO
 <p>Fonte: Construções e reparos I, 2008, p. 63.</p>	<p>Antes de iniciar a alvenaria, o nível do piso deve ser conferido. Se houver desnível superior a 2cm, este deve ser previamente nivelado. Após a conferência do piso, os blocos devem ser umedecidos com o auxílio da brocha, antes de serem utilizados na alvenaria. A argamassa de assentamento deve estar pronta para ser utilizada.</p>	<p>A argamassa de assentamento a ser utilizada deverá estar de acordo com a especificação do projeto estrutural.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 13- Elevação da 1ª fiada

ETAPA: ELEVAÇÃO DA 1ª FIADA		
Figura 20 - Elevação da 1ª fiada	EXECUÇÃO	PROJETO
 <p>Fonte: Construções e reparos I, 2008, p.63.</p>	<p>Para o início da elevação da 1ª fiada, deve ser executada a marcação pelos extremos da edificação, conferindo as medidas externas totais e verificando o alinhamento externo das paredes com o prumo de faces externas da construção. Utilizar a linha traçante para marcar corretamente a posição dos escantilhões. Verificar ainda se as ferragens verticais estão devidamente posicionadas no interior dos furos dos blocos. Conferir sempre o nível, o prumo e o esquadro das paredes.</p>	<p>Consultar a planta da 1ª fiada no projeto de alvenarias, pois ela garante o posicionamento correto de todos os blocos.</p>

Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 14- Elevação da alvenaria

ETAPA: ELEVAÇÃO DA ALVENARIA		
Figura 21 - Elevação da alvenaria	EXECUÇÃO	PROJETO
 <p>Fonte: Construções e reparos I, 2008, p.63.</p>	<p>Para o levantamento das alvenarias deve ser esticada a linha de nylon que servirá como guia para assentamento dos blocos do meio da parede. Deve ser evitado o excesso de argamassa para preencher as juntas. Nas juntas verticais, deve ser feito dois filetes de argamassa na cabeça do bloco. Já as juntas transversais, o preenchimento deve acontecer em função ou não do que foi determinado no projeto. Com a colher de pedreiro, deve ser retirado o excesso de argamassa das paredes, assim como os locais para passagem das instalações deverão ficar desobstruídos. A distribuição dos eletrotodos devem ser feitas pela laje e piso evitando cortes na alvenaria.</p>	<p>Ter conhecimento dos pontos elétricos, hidro-sanitários e telefônicos através dos respectivos projetos para que se possa deixar livre as passagens para as respectivas tubulações. Os blocos que receberão as caixinhas elétricas deverão ser previamente recortados para estarem disponíveis no momento da elevação. No caso de tubulações hidráulicas e esgoto, estas devem ser posicionadas nas paredes hidráulicas ou shafts.</p>

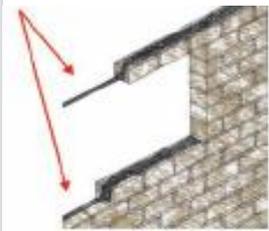
Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 15- Grauteamento

ETAPA: GRAUTEAMENTO		
Figura 22 - Grauteamento	EXECUÇÃO	PROJETO
 <p>Fonte: Construções e reparos I, 2008, p.63.</p>	<p>Nesta fase, janelas de inspeção e limpeza nos blocos da 1ª fiada devem ser abertas para retirar o excesso de argamassa no interior dos blocos. Após a limpeza deve ser feito o trespace das ferragens nos locais pré estabelecido.</p>	<p>No projeto estrutural e de alvenarias estão previstos os pontos a serem grauteados.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 16- Vergas e contravergas

ETAPA: VERGAS E CONTRAVERGAS		
Figura 23 - Vergas e contravergas	EXECUÇÃO	PROJETO
 <p>Fonte: Construções e reparos I, 2008, p.63</p>	<p>Podem ser feitas com os blocos tipo canaleta preenchidos com concreto e barra de aço ou podem ser pré moldadas. Devem estar alinhadas a face interna da construção e apoiadas sobre os gabaritos das aberturas por um período mínimo de sete dias até a execução da laje</p>	<p>Deve ser consultado os projetos arquitetônicos e de alvenarias para tomar conhecimento das dimensões das aberturas propostas.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

Tabela 17- Encunhamento

ETAPA: ENCUNHAMENTO		
Figura 24 - Encunhamento	EXECUÇÃO	PROJETO
 <p>Fonte: Construções e reparos I, 2008, p.63</p>	<p>A junção entre o topo da parede de alvenaria e a laje pode ser feita através do encunhamento com tijolos comuns, assentados inclinados ou pode ser utilizadas também cunhas pré-moldadas de concreto ou argamassa com expansor.</p>	<p>No projeto estrutural e de alvenarias estará pré-determinado o tipo de encunhamento a ser executado.</p>

Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

A redução no custo e prazo de uma obra em alvenaria estrutural é bastante considerável se comparado à alvenaria convencional. Porém, para aproveitar a otimização do sistema, é fundamental a existência de um planejamento antecedente a etapa de construção a fim de se prevenir os possíveis erros. *“O planejamento é a ferramenta que permite compreender a realidade, avaliar os caminhos, organizar um referencial futuro, estruturando um caminho adequado e reavaliar todo o processo a qual o mesmo se destina, sendo, portanto, a parte racional da ação.”* (MONTEIRO e SANTOS, p.24,2010).

O projeto é a consequência do planejamento. Indicam o que deve ser feito e a metodologia a ser seguida. A ausência ou desconsideração com os mesmos poderão atrapalhar o desenvolvimento da obra, podendo apresentar dificuldades administrativas, financeiras e/ou executivas.

3. ESTUDO DE CASO

O campo de atuação da pesquisa é a cidade de Timóteo localizada no interior leste de Minas Gerais.

3.1 Local e objeto da pesquisa

O município de Timóteo é composto por edificações de baixo e médio porte sendo que atualmente é possível observar cada vez mais a presença de edificações com mais de quatro pavimentos sendo erguidas. (FIGURA 26,27 e 28)

Figura 25- Localização de Timóteo em Minas Gerais



Fonte – Elaborado pela autora, 2014.

Figura 26 – Obra em alvenaria estrutural bairro Alto Serenata



Fonte: Arquivo da autora, 2014.

Figura 27 – Obra em alvenaria estrutural bairro Bromélias



Fonte: Arquivo da autora, 2014.

Figura 28 – Obra em alvenaria estrutural bairro Eldorado



Fonte: Arquivo da autora, 2014.

Apesar de o município integrar a Região do Vale do Aço conhecida por sua forte atuação industrial na produção do aço tanto para acabamentos como para estruturas, o material de maior utilização na construção civil é o bloco cerâmico devido à tradição, facilidade de execução e baixo custo do material.

A edificação projetada para conceber uma escola no bairro Vale Verde, é um exemplo da adoção da técnica de alvenaria estrutural na região desde décadas passadas. O prédio foi projetado pelo arquiteto Eólio Maia em 1984 e segundo o profissional, a técnica foi escolhida, pois esta era bem desenvolvida no município, usada em fornos para a queima de carvão. A proposta foi aproveitar a cultura da região aplicada na edificação de uso institucional composto de oito salas de aula e amplos espaços para o lazer. (FIGURA 29 e 30)

Figura 29 – Fachada da escola CEFET-MG



Fonte: <http://www.diariodoaco.com.br/noticias.aspx?cd=74421>, acesso em 5 jul. 2014

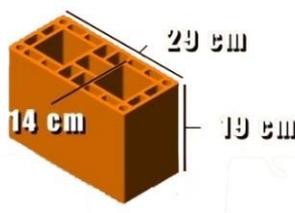
Figura 30 – Vista interna da escola CEFET-MG



Fonte: <http://www.diariodoaco.com.br/noticias.aspx?cd=74421>, acesso em 5 jul. 2014

Dessa forma, optou-se por definir uma família de blocos de alvenaria estrutural para desenvolver este estudo. O objeto desta pesquisa será o bloco cerâmico estrutural da família 30, por ser mais acessível e mais comum, além de permitir a amarração direta das paredes. Possui dimensões conforme mostra a figura 31.

Figura 31 – Dimensões do bloco cerâmico família 30



Fonte: Projeto de alvenaria - Bloco cerâmico, 2000.

3.2 Coordenação modular

O Brasil foi um dos países pioneiros a estabelecer uma normatização para Coordenação Modular, a NB-25R em 1950. De acordo com GREVEU e BALDAUF (2007), é possível observar que, atualmente o sistema não está sendo aplicado pelos profissionais, tanto pela falha dos estudos a partir da década de 80 quanto pelo caos dimensional de grande parte dos elementos construtivos. Entende-se por Coordenação Modular: “Técnica que pode ser compreendida como um sistema dimensional de referência que se baseando em medidas de um módulo pré-determinado, compatibiliza e organiza tanto a aplicação racional de técnicas construtivas como o uso de componentes em projeto e obra.” (LUCINI, 2001 *apud* SANTOS *et al*, 2007).. São vantagens do sistema de coordenação:

- Reduz a variedade de medidas utilizadas na fabricação de componentes;
- Simplifica a coordenação dimensional nos projetos das edificações, que hoje é elaborada caso a caso;
- Simplifica o processo de marcação no canteiro de obras para posicionamento e montagem de componentes construtivos;
- Reduz cortes e ajustes de componentes e elementos construtivos;

- Aumenta a intercambiabilidade de componentes tanto na construção inicial quanto em reformas e melhorias ao longo da vida útil da edificação; Aumenta o mercado de exportação de componentes;
- Amplia a cooperação entre os diversos agentes da cadeia produtiva da construção.
- Reduz o consumo de forma;
- Reduz o desperdício;
- Reduz o volume de entulho;
- Reduz o número de caçambas e caminhões;
- Diminui o impacto nas áreas de despejo.

A Coordenação Modular se baseia em um único princípio fundamental: o espaço ocupado por um elemento ou componente construtivo deve ter medidas múltiplas de 100mm nas três dimensões.

No entanto, a falta de conhecimento dos conceitos e da técnica pelos fabricantes e projetistas e falta de legislação a cerca do assunto fazem com que a técnica não esteja sendo aplicada.

De acordo com pesquisa desenvolvida por pesquisadores da UFPR, diversos fatores são responsáveis pela existência do gargalo na disseminação da coordenação modular, que abrangem desde fatos relacionados à ação governamental quanto a recursos humanos. O estudo envolveu elementos construtivos como blocos cerâmicos, de gesso e concreto, esquadrias e elementos estruturais e pré-fabricados. De acordo com Lucini (2001) *apud* Santos (2007) “71% dos componentes construtivos pesquisados não atendem a Coordenação Modular. Este é um dado bastante relevante uma vez que a construção civil deixa de incorporar os benefícios da racionalização, além da redução de problemas de interfaces.” A tabela 18 foi elaborada a partir da coleta de dados de uma entrevista realizada com fabricantes e projetistas, onde os entrevistados tiveram que discriminar o módulo

ideal para os componentes construtivos estudados na pesquisa e sua análise conforme a coordenação modular.

Tabela 18- Desempenho dos elementos construtivos com relação à Coordenação Modular

COMPONENTE	LARG.	ALT.	COMP.	ATENDE COORD. MODULAR
Blocos de concreto	14	19	29	Sim
	19	19	19	Sim
	19	19	39	Sim
	14	19	19	Sim
	14	19	39	Sim
Bloco cerâmico	14	19	29	Sim
Janelas	154	100		Não
	104	100		Não
Portas	60	210		Não
	70	210		Não
	80	210		Não
Revestimento Cerâmico	41	41		Não
	20	20		Não
	30	30		Não
	40	40		Não
Pilares	30	30	250	Não
	90	130	3000	Não
Vigas	20	40	300	Não
	160	60	3000	Não
Lajes alveolares	125	15,21	300	Não
	125	26	1400	Não

Fonte: ABDI

Nota: Dimensões dos elementos dadas em centímetro.

Como resultado preliminar da pesquisa, é possível concluir que um gargalo importante na impotência da coordenação modular é a falta de conhecimento sobre a definição e não o reconhecimento dos seus benefícios, embora as empresas apenas reconhecem como benefício a promoção da racionalização da obra.

A falta de coordenação modular pode gerar desperdícios na relação do pé direito do ambiente, esquadrias, revestimentos entre outros.

3.2.1 Relação dos componentes construtivos com a Coordenação Modular

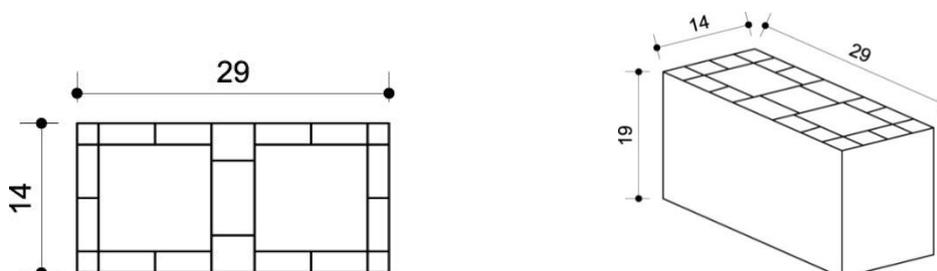
O bloco cerâmico e esquadria são os componente e elemento construtivos que estão diretamente ligados ao projeto e execução da alvenaria.

3.2.1.1 Bloco Cerâmico

A norma brasileira que estabelece as terminologias e requisitos para construção com blocos cerâmicos estruturais não faz referência com às normas de Coordenação Modular vigentes. No entanto a utilização do módulo como múltiplo de 100cm é semelhante.

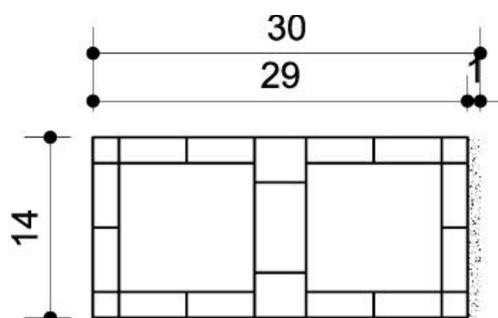
O projeto de Coordenação Modular da alvenaria estrutural contempla a elaboração de plantas, elevações e paginações, principalmente para as paredes que possuem aberturas ou instalações, a fim de prevenir recortes dos componentes construtivos. O módulo é uma base de comprimento ou volume que irá servir como referência para dimensionamento dos ambientes com o objetivo de se alcançar a Coordenação. O componente bloco cerâmico estrutural da família 30 possui dimensões conforme mostra as figuras 32 e 33:

Figura 32- Módulo = dimensão do bloco



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

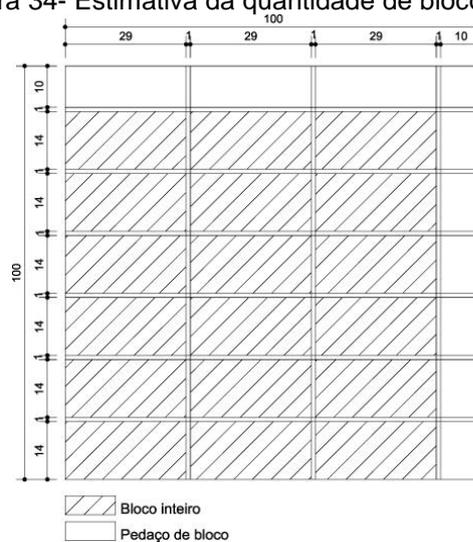
Figura 33- Dimensão modular = dimensão modular + junta



Fonte: Elaborado pela autora, 2014.

A partir da referência do bloco cerâmico da família 30 estima-se que para um metro quadrado de alvenaria, seria necessário quatorze blocos cerâmicos inteiros e dez pedaços de blocos para preencher os vazios, conforme mostra a figura a seguir. Sendo assim, a cada 1,4 tijolo inteiro 1 tijolo é cortado e utilizado em partes, gerando desperdício de material além de contribuir para o acúmulo de resíduo final da obra.

Figura 34- Estimativa da quantidade de blocos / m²



Fonte: Elaborado pela autora, 2014

De acordo com a Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial - ABDI , os fornecedores de blocos cerâmicos vinculados à Associação Nacional de Indústria

Cerâmica produzem uma variedade de componentes modulares. No entanto nem todas as linhas produzidas são efetivamente utilizadas pelos fabricantes como mostra a tabela 19:

Tabela 19- Blocos cerâmicos: Linhas normalizadas e linhas praticadas

Altura de coordenação	25	20				15	12,5	10	
Linhas normalizadas de blocos cerâmicos	25X40	20X40*	15X40*	12,5X40*	10X40*				
	25X30	20X30	15X30*	12,3X30	10X30	10X30			
	25X25	20X25	15X25	12,5X25	10X25	12,5X25	10X25	12,5X25	10X25
		20X20	15X20	12,5X20	10X20	10X20			

Fonte: Adaptado de ABDI

Nota: Linhas destacadas em cinza são as praticadas pelo segmento de blocos cerâmicos. Linha destacada em vermelho é referente ao módulo considerado nesta pesquisa.

Das linhas praticadas pelos fornecedores, nem todas atendem as características da Coordenação Modular. (TABELA 20)

Tabela 20- Blocos cerâmicos e vedação: Linhas normalizadas e características de coordenação

	Linhas							
	20x40	20x30	15x40	15x30	12,5x40	12,5x30	10x40	10x30
Larg. de Coordenação (cm)	20	20	15	15	12,5	12,5	10	10
Comp. De Coordenação (cm)	20 40	15 30	20 35 40	15 30 45	20 40	15 30	20 40	15 30
Larg. Nominal (cm)	19	19	14	14	11,5	11,5	9	9
Comp. Nominais (cm)	19 39	14 29	19 34 39	14 29 44	19 39	14 29	19 39	14 29
Coordenado dimensionalmente?	sim	não	apenas com blocos especiais	sim	não	não	sim	sim
Coordenado modularmente?	sim	sim	apenas em conjuntos modulares	apenas em conjuntos modulares	não	não	sim	sim

Fonte: ABDI

Nota: Altura de coordenação de todas as linhas = 20cm
Comprimentos destacados em cinza indicam o bloco inteiro (bloco básico) de cada linha
Linha destacada em vermelho é referente ao módulo considerado nesta pesquisa.

No entanto, não é o que se observa em algumas obras em andamento na cidade de Timóteo. Apesar da alvenaria estrutural ser utilizada há algumas décadas no município, é possível identificar erros construtivos que ocorrem em decorrência da falta de normatização e conhecimento da técnica e conceitos, como a utilização de mais de um tipo de bloco estrutural e rasgos na alvenaria para passagem de fiação. Ambos os exemplos geram perdas desnecessárias de tempo, mão de obra e material. (FIGURA 35 e 36)

Figura 35- Alvenaria com blocos cerâmicos de dimensões diferentes



Fonte: Arquivo da autora, 2014

Figura 36- Rasgo na alvenaria para passagem de fiação elétrica



Fonte: Arquivo da autora, 2014

3.2.1.2 Esquadrias

Assim como o bloco cerâmico estrutural, são escassas as informações a cerca da relação da Coordenação Modular com as esquadrias. As legislações existentes são

genéricas e os manuais de apoio apresentam falhas no que diz respeito aos conceitos estabelecidos pela norma de Coordenação Modular, o que contribui para a falta de aplicabilidade da técnica por parte dos fabricantes.

As legislações urbanísticas municipais definem parâmetros mínimos de vãos para as esquadrias, os quais são seguidos pelo setor de produção sem conhecimento e sem observar a Coordenação Modular do conjunto com os demais elementos da construção.

Toma-se como exemplo as esquadrias de alumínio que apesar da enorme variedade de tamanhos disponíveis no mercado, tais tamanhos se concentram na altura de 100cm. Essa altura atende aos requisitos mínimos dos Códigos de Obras, mas resulta em peitoris ou vergas muito altos, prejudicando até mesmo qualidade do ambiente e do usuário.

Para as portas, são exigidas as dimensões mínimas que variam entre 60, 70, 80 e 90 cm, os quais são múltiplos de 100 mm. No entanto, para uma folha encaixar em um vão nessas dimensões, terá de ter sua largura com medida inferior e esta deixa de enquadrar aos requisitos da Coordenação Modular

4. CONCLUSÃO

Diante do panorama ambiental que o mundo apresenta nos dias atuais, será cada vez mais necessário a humanidade adotar medidas preventivas contra o excesso de desperdício, seja esse com relação a materiais de obra, água, energia, entre outras matérias primas.

Do ponto de vista da construção civil, pode ser concluído que a geração de resíduos está relacionada com todas as fases do processo construtivo. As falhas envolvem a

falta de normatização para fabricação dos componentes e a falta de conhecimento, aplicabilidade e consideração com a técnica construtiva pelos projetistas.

Como ação mitigadora do desperdício de materiais durante a execução da alvenaria estrutural, vale ressaltar a adoção da técnica de Coordenação Modular por fabricantes de componentes e projetistas. A técnica é essencial para a otimização da alvenaria estrutural, sendo o principal motivo para que o sistema construtivo seja considerado racionalizado

Diante das informações descritas é possível concluir que o bloco cerâmico da família 30 é um material de construção disponível no mercado que através do agrupamento dos componentes em conjunto, possibilita alcançar a Coordenação Modular.

Uma iniciativa a ser adotada para evitar o desperdício em excesso é dimensionar os ambientes a partir das dimensões do componente a ser utilizado na construção, atentando para as medidas externas do conjunto de esquadrias (marco, folha, alisares e ferragens) que não são especificados e considerados pelos Códigos de Obras.

REFERÊNCIAS

AIGNER, Eduardo; FONRADO, Leo. **Steel Frame: Obra seca, rápida e limpa**. Disponível em: < <http://www.metallica.com.br/steel-frame-obra-seca-rapida-e-limpa> > Acesso em 7 de junho de 2014.

Arco Ocupacional Construção e Reparos I: manual do educador /coordenação, Laboratório Trabalho & Formação / COPPE - UFRJ /elaboração, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil. Reimpressão. 2008

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM – ABESC. **Paredes de concreto**. Disponível em: < <http://www.abesc.org.br/tecnologias/tec-paredes-de-concreto.html> > Acesso em 10 de junho de 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.531**: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 10 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13.532**: Elaboração de projetos de edificações - Arquitetura. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.270-2**: Componentes cerâmicos. Parte2: Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Terminologia e requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 1995. 15 p.

AZEVEDO, Márcio Lenin M. de. **Concreto celular autoclavado**. Disponível em: < http://www.ecivilnet.com/artigos/concreto_celular_autoclavado_cca.htm > Acesso em 01 de Junho de 2014.

BARROSO, Paulo André Brasil. **Vantagens das estruturas metálicas de alumínio.** Disponível em: < <http://www.metallica.com.br/vantagens-das-estruturas-metalicas-de-aluminio> > Acesso em 01 de junho de 2014.

BLOCO. **Blocos cerâmicos x blocos de concreto.** (2012) Disponível em: < <http://cidaoblocos.com.br/artigos/blocos-ceramicos-e-blocos-de-concreto-diferencas/> > Acesso em 10 de junho de 2014.

BRASIL, Decreto n 12.305, de 02 de Agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm > Acesso em 07 de junho de 2014.

BRASIL, Decreto n. 7404, de 23 de dezembro de 2010. Regulamenta a Lei n. 12305, 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 a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa, e se dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Decreto/D7404.htm > Acesso em 01 de junho de 2014.

BRASIL, Decreto n. 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9605.htm > Acesso em 10 de junho de 2014.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução n 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.

_____. Resolução CONAMA n. 348, de 16 de agosto de 2004. Altera a Resolução CONAMA n. 307, de 5 de julho de 2002, incluindo o amianto na classe de resíduos perigosos.

_____. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3. da Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, estabelecendo nova classificação para o gesso.

Construção e Reparos I: guia de estudo / coordenação, Laboratório Trabalho & Formação / COPPE - UFRJ / elaboração, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - Departamento de Engenharia de Construção Civil. Reimpressão. 2008

FERNANDES, Cris e Everton. **Sistema construtivo**. (2012) Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/CrisEEversonFernandes/sistema-construtivo-14363288> > Acesso em 7 de junho de 2014.

HANAL, João Bento. **Fundamentos do Concreto Protendido**. (2005) Disponível em: < <http://pt.slideshare.net/heristonrodrigues/concreto-protendido> > Acesso em 12 de junho de 2014.

JOHN, Vanderley M. **Os desafios da construção sustentável**. (2007)

KOWALTOWSKI, Doris C. C. Knatz; CELANI, Maria Gabriela C.; MOREIRA, Daniel de C.; PINA, Silvia Aparecida M. G.; RUSCHEL, Regina Coeli; SILVA, Vanessa G. da; LABAKI, Lucila Chebel; PETRECHE, João Roberto D. **Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 07-19, abr./jun. 2006.

MONTEIRO, Adriana da Silva; SANTOS, Rita de Cássia Alves dos. **Planejamento e controle na construção civil, utilizando alvenaria estrutural**. 2010. 109 fls. (Monografia) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade da Amazônia, Belém, 2010.

NETO, Humberto Soares da Rocha. **Avaliação dos Índices de desperdícios de materiais: Estudo de caso em uma obra de edificação na cidade de Feira de Santana – BA**. 2010. 133 fls. (Monografia) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2010.

PANATO, Heloísa. **Análise teórica da viabilidade industrial de implantação de um sistema construtivo em paredes de concreto pré-fabricadas para habitação de interesse social**. (2009) Disponível em: < <http://pt.scribd.com/doc/55456049/Construcao-Com-Paredes-de-Concreto> > Acesso em 07 de junho de 2014.

PICORELLI, Lecy C.. **Construção de terra: Parte 2 – Adobe**. (2011) Disponível em: < <http://lecycorelli-bioarquitetura.blogspot.com.br/2011/06/construcao-de-terra-parte2-adobe.html#axzz30TXUCnB1> > Acesso em 01 de junho de 2014.

PINHEIRO, José. **Estrutura PVC.** Disponível em: <
http://www.pinheioribeiro.pt/admin/content/modulares/modular_house_pvc_3_pt_13_82526283.pdf > Acesso em 05 de junho de 2014.

PINTO, Tarcísio de Paulo. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do SindusCon-SP** - São Paulo: Obra Limpa: I&T: SindusCon-SP, 2005 (Publicação SindusCon-SP). 2005

PINTO, Tarcísio de Paulo. **Resíduos da construção civil – nova legislação permite rápido avanço para normas técnicas e novas soluções.** Disponível em:
< <http://www.ambiente.sp.gov.br/cea/files/2011/12/TarcisiodePaulaPinto.pdf> >
Acesso em 20 de junho de 2014.

PROJETO DE ALVENARIA - Bloco Cerâmico. Rio de Janeiro: Anicer, 2000.

SANTOS, A.; SCHEER, S.; AZUMA, F.; MARCOS, M. **Gargalos para a disseminação da coordenação modular.** Disponível em: <
<http://www.mom.arq.ufmg.br/mom/coloquiomom/comunicacoes/azuma.pdf> > Acesso em 20 de junho de 2014.

SILVA, Mateus Adam da. **Alvenarias de vedação e alvenarias estruturais. Materiais estruturais.** (2013) Disponível em: <
<http://pt.slideshare.net/mastheusadam/materiais-e-sistemas-construtivos-02> >
Acesso em 20 de junho de 2014.

SINDUSCON-MG; SENAI-MG **Gerenciamento de Resíduos Sólidos da Construção Civil.** 3º. Ed. Rev. e Aum. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2008.

SOUSA, Michel Wendell Silva. **Levantamentos de erros executivos em edifícios em alvenaria estrutural de bloco cerâmico.** 2011. 55 fls. (Monografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

VIVAN, André Luiz; PALIARI, José Carlos; NOVAES, Celso Carlos. **Vantagem produtiva do sistema light steel framing: da construção enxuta à racionalização construtiva.** Disponível em: <
<http://www.metalica.com.br/vantagem-produtiva-do-sistema-light-steel-framing> >
Acesso em 20 de junho de 2014.

<http://www.arq.ufsc.br/arq5661/Estruturas3/concreto.html>, acesso em: 3 maio 2014.

http://www.pvc.com.br/site/sites_braskem/pt/projetando_pvc/home/home.aspx, acesso em: 3 maio 2014.

<http://www.metlica.com.br/vantagem-produtiva-do-sistema-light-steel-framing>, acesso em: 3 maio 2014.

http://www.jular.pt/conteudos.php?lang=pt&id_menu=225, acesso em: 3 maio 2014.

http://www.royalbrasil.com.br/royal_building/sistema.htm, acesso em: 3 maio 2014.

<http://construindo.org/wood-frame-tecnologia-na-construcao-de-casas-de-madeira/>, acesso em: 3 maio 2014.

<http://www.metlica.com.br/a-importancia-do-projeto-na-concepcao-e-execucao-de-uma-obra>, acesso em: 3 maio 2014.

<http://www.metlica.com.br/vantagens-da-construcao-em-aco>, acesso em: 3 maio 2014.

<http://www.metlica.com.br/tipos-de-aco-e-perfis-para-estrutura-metalica-de-edificios>, acesso em: 3 maio 2014.

