

O PROJETO DE ARQUITETURA COMO ELEMENTO REDUTOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Cris Ângela Vieira Marcos da Silva

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Rio de Janeiro

Maio de 2014

O PROJETO DE ARQUITETURA COMO ELEMENTO REDUTOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Cris Ângela Vieira Marcos da Silva

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE) DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO.

Examinada por:

Prof. Ricardo Manfredi Naveiro, D.Sc.

Prof. Francisco José de Castro Moura Duarte, D.Sc.

Prof. Fernando Rodrigues Lima, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL
MAIO DE 2014

Silva, Cris Ângela Vieira Marcos da

O projeto de arquitetura como elemento redutor de resíduos sólidos / Cris Ângela Vieira Marcos da Silva. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2014.

XII, 96 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ / COPPE / Programa de Engenharia de Produção, 2014.

Referências Bibliográficas: p. 85-89.

1. Projeto de Arquitetura. 2. Resíduos. 3. Sustentabilidade. I. Naveiro, Ricardo Manfredi. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Produção. III. Título.

AGRADECIMENTOS

Sempre em primeiro lugar estará o meu agradecimento a Deus, não por mais esta conquista, mas por todas às que Ele me permite ter.

A meus pais, Oswaldo M. da Silva e Marlene Vieira, que sempre foram meus grandes incentivadores em todas as áreas de minha vida, principalmente, em minha vida educacional e profissional.

Por todo o amor e carinho, pela compreensão nos momentos de ausência, força quando eu me encontrava frágil, freio quando me achava agitada e ansiosa, agradeço também a meu marido Rodrigo da C. R. Telles.

Orientação é um exercício de dedicação e prazer no ensinamento, por isto, agradeço meu orientador Ricardo M. Naveiro, que aceitou o desafio de ter uma orientanda em plena atividade profissional. Da mesma forma agradeço a Cássia Figueiredo e Amanda Xavier que, apoiando meu orientador, me prestaram valiosa ajuda.

Agradeço a compreensão de meus colegas de profissão, em especial ao Eng^o Julio Cesar Cardoso, que me possibilitou compensar horário de trabalho para conquistar este título.

Aos amigos Arq^a Marcia C. Correia, Eng^o Bruno Barzellay, Eng^a Patrícia Francelino e Luciana C. Ribeiro, por acreditarem em meu trabalho e pelas ajudas dispensadas.

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram para a finalização e sucesso desta dissertação.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

O PROJETO DE ARQUITETURA COMO ELEMENTO REDUTOR DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Cris Ângela Vieira Marcos da Silva

Maio/2014

Orientador: Ricardo Manfredi Naveiro

Programa: Engenharia de Produção

A Construção Civil, adequando-se à sustentabilidade, vem transformando o projetar. O conceber arquitetônico adquiriu este olhar, mais amplo, onde não se verificam apenas as questões climáticas para a concepção de projetos. Assim, esta dissertação se insere nas pesquisas sobre a sustentabilidade na construção civil, com foco principal na redução de resíduos sólidos.

Os grandes impactos que os resíduos promovem devem ser minimizados com urgência. Segundo o Ministério das Cidades de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos são compostos por resíduos de construção e demolição. Como metodologia de trabalho foram feitas pesquisas bibliográficas sobre elaboração de projetos e sobre resíduos sólidos, além de análise de projetos e obras já realizadas. Assim, foram verificados conceitos em relação ao desenvolvimento de projetos arquitetônicos e a produção de resíduos no ciclo de vida da edificação.

O objetivo é estimular profissionais a pensarem sustentavelmente, a projetar vislumbrando a redução dos resíduos sólidos, sendo este um dos princípios na concepção. Assim, como resultado, será elencado recomendações para a concepção do projeto arquitetônico.

Abstract of Dissertation presented to COPPE / UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

THE ARCHITECTURAL DESIGN AS AN ELEMENT OF REDUCING SOLID
RESIDUAL GENERATION

Cris Ângela Vieira Marcos da Silva

May/2014

Advisor: Ricardo Manfredi Naveiro

Department: Production Engineering

The Construction, adapting itself to sustainability has transformed design. The architectural design acquired this look wider, which are not just climate issues for designing projects. Thus, this Dissertation falls in research on sustainability in construction, with main focus on solid waste reduction.

The major impacts that waste should be minimized to promote urgency. According to the Ministry of Cities from 51% to 70 % of solid waste is composed of waste from construction and demolition. As methodology bibliographies research and writing projects on solid waste were made, and analysis of projects and works already carried out. Thus, concepts regarding the development of architectural projects and waste generation in the life cycle of the building have been checked.

The aim is to encourage professionals to think sustainably, designing glimpsing the reduction of solid waste, which is one of the principles in the design. Thus, as a result, will be listed recommendations for the design of architectural design.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE FOTOS	x
LISTA DE QUADROS.....	xi
LISTA DE SIGLAS.....	xii
1 – INTRODUÇÃO.....	1
1.1 – Justificativa.....	1
1.2 – Motivação.....	3
1.3 – Objetivo, metodologia e o resultado a alcançar	4
1.4 – Ciclo de vida da edificação (CVE) e delimitação da dissertação.....	6
1.5 – Estrutura do trabalho	10
2 – CONSTRUÇÃO E SUSTENTABILIDADE: HISTÓRICO E CONCEITO.....	11
2.1 - Trajetória da construção civil no Brasil	11
2.2 - A preocupação com a sustentabilidade	12
2.2.1 - Nascimento da consciência ambiental	12
2.2.2 - Sustentabilidade e seus princípios.....	15
2.2.3 - O caminho da arquitetura até a sustentabilidade	17
3 – PROJETO DE ARQUITETURA E A SUSTENTABILIDADE	21
3.1 - O significado do termo Projeto	21
3.2 – A influência dos projetos na edificação.....	23
3.2.1 - Concepção arquitetônica	23
3.2.2 – Abordagem sustentável no projeto arquitetônico.....	26
3.2.3 – Fases do desenvolvimento de projetos arquitetônicos	35

4 – RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	39
4.1 – Definição de resíduos sólidos e os impactos ambientais causados	39
4.2 – Materiais de construção	42
4.3 - A destinação dos resíduos	49
5 – ESTUDOS DE CASO EM ETAPAS DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO.....	51
5.1 – Estudo de Caso como metodologia	51
5.1.1 – Determinação da metodologia	51
5.1.2 – Plano de pesquisa dos Estudos de Caso	54
5.2 – CVE: Construção.....	57
5.2.1 – Canteiro de Obra – Projeto do canteiro	57
5.2.2 – Perdas inerentes a serviços – materiais.....	60
5.2.3 – Erro decorrente de projeto - Compatibilização	64
5.3 - CVE: Utilização da edificação – Manutenção	69
5.4 – CVE: Fim de vida – Demolição.....	71
6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	76
6.1 – Resumo da dissertação.....	76
6.2 – Questionamentos chaves e proposições	78
6.3 – Recomendações para a elaboração de projetos arquitetônicos.....	80
6.4 - Sugestões de trabalhos futuros e conclusão	84
7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	85

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - PDP: macrofases e fases.	6
Figura 2 - Ciclo de vida do material.....	7
Figura 3 - Ciclo de vida da edificação – delimitação do estudo.....	8
Figura 4 - Casa primitiva por Claude Perrault - descrição de Vitruvio.....	17
Figura 5 - Diagrama Bioclimático.....	30
Figura 6 - Energia na produção de grânulos de pet.	31
Figura 7 - Fração de suprimento reciclado.....	32
Figura 8 - Fases do Projeto Arquitetônico - ASBEA.....	36
Figura 9 - Ciclo do material de construção quando especificado.....	47
Figura 10 - Planta esquemática de implantação do canteiro.	58
Figura 11 - Planta baixa esquemática de edificação destinada ao ensino.	61
Figura 12 - Planta baixa esquemática de edificação - alimentícia – 2D.....	65
Figura 13 - Corte esquemático de edificação destinada a indústria alimentícia - 2D. ..	66

LISTA DE FOTOS

Foto 01 - Abertura em alvenaria para passagem de dutos.....	67
Foto 02 - Comparação de imagem de compatibilização com conceito BIM com foto do executado.....	68
Foto 03 - Acesso às instalações de lógica, elétrica e incêndio pelo forro.....	69
Foto 04 - Acesso às passagens entre pavimentos – shafts.....	70
Foto 05 - Blocos grandes, material inapropriado para entrar nos equipamentos.....	73
Foto 06 - Blocos já reduzidos, separação dos vergalhões do concreto a ser beneficiado.	73
Foto 07 - Produção de agregados de diferentes granulométricas.	74
Foto 08 - Produto do beneficiamento – agregado com granulometria reduzida.....	74
Foto 09 - Produto do beneficiamento – agregado com granulometria maior.	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 01 - Dimensões da certificação LEED.....	28
Quadro 02 - item destacado em cinza: quant. de insumo utilizado por unid. de serviço.....	45
Quadro 03 - Indicadores globais de perdas e consumos por serviço.	45
Quadro 04 - Situações relevantes para diferentes métodos de pesquisa.....	52
Quadro 05 - Resumo da organização dos casos em relação ao CVE e às proposições.	55
Quadro 06 - Consumo e produção de resíduos por m2 de parede.....	62
Quadro 07 - Produção de resíduos de bloco de concreto de edificação de ensino.	62

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AQUA - Alta Qualidade Ambiental

ASBEA – Associação Brasileira de Escritórios de Arquitetura

BEPAC - *Building Environmental Performance Assessment Criteria*

BIM – *Building Information Modeling*

BREEAM - *Building Research Establishment Environmental Method*

CASBEE - *Comprehensive Assessment System for Environmental Efficiency*

CONAMA - O Conselho Nacional do Meio Ambiente

CVE – Ciclo de vida da edificação

FINEP - A Financiadora de Estudos e Projetos

HQE - *Haute Qualité Environnementale des bâtiments*

LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design*

NBR – Norma Brasileira

ONU – Organização das Nações Unidas

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produtos

PMBOK - *Project Management Body of Knowledge*

PMI - *Project Management Institute*

SCO-RJ – Sistema de Custos de Obra do Rio de Janeiro

SINDUSCON – Sindicato da Indústria da Construção Civil

USGBC - *U.S. Green Building Council*

1 – INTRODUÇÃO

1.1 – Justificativa

As necessidades de consumo do homem sempre estiveram associadas ao aumento do uso dos recursos naturais. Inicialmente não havia um desequilíbrio, pois este consumo era absorvido pelo meio ambiente. Com o passar do tempo a população do planeta aumentou e, conseqüentemente, as necessidades se modificaram de acordo com novos estilos de vida. Isto provocou o desequilíbrio natural do planeta, principalmente a partir do século XVIII com a Revolução Industrial, onde o consumo e o uso dos recursos naturais foram acelerados pelo desenvolvimento tecnológico.

A urgência mundial para impedir a degradação do meio ambiente fez surgir um novo conceito: a sustentabilidade, ou seja, a capacidade do ser humano interagir com o mundo preservando o meio ambiente para não comprometer os recursos naturais das gerações futuras. Para que esta meta seja alcançada vários setores entraram na corrida da inovação, visando absorver este conceito na prática com mudanças na produção, na elaboração de projetos, na relação de trabalho e nas relações sociais, em prol da redução dos impactos ambientais.

A indústria da construção civil é um dos setores que mais provoca estes impactos. Dentre todos os que ocorrem, a produção e o depósito inadequado de resíduos sólidos no meio ambiente é nitidamente a que requer atenção imediata, e esta guerra deve ser travada logo no início do Ciclo de Vida da Edificação (CVE). Esta é a justificativa para a escolha deste tema, uma vez que segundo o Ministério das Cidades de 51% a 70% dos resíduos sólidos urbanos são compostos por resíduos de construção e demolição.

CARNEIRO (2001), em estudos sobre a determinação da composição dos resíduos da construção, concluiu que cerca de 94% desse material descartado possui alto potencial para reciclagem e utilização posterior no próprio setor.

Em estudos realizados pela SINDUSCON-SP (2012) foi verificado que são gerados entre 0,4 a 0,7 t/hab.ano de resíduos de construção, representando cerca de 2/3 da massa dos resíduos sólidos municipais ou em torno do dobro dos resíduos sólidos domiciliares.

A mesma instituição ressalta que a produção dos resíduos de construção se concentra no pequeno gerador com cerca de 70% dos resíduos gerados - provenientes de reformas, pequenas obras e nas obras de demolição, em muitos casos coletados pelos serviços de limpeza urbana. Os 30% restantes são provenientes da construção formal.

A sociedade como um todo – governo, instituições diversas, iniciativa privada e cada indivíduo – pode colaborar para a redução da produção e destinação adequadas dos resíduos para minimizar este problema. Cabe principalmente ao governo disciplinar a gestão dos resíduos tanto para os pequenos quanto para os grandes geradores, disponibilizando equipamentos para a triagem dos resíduos, para a reciclagem, de maneira a possibilitar o armazenamento para o uso futuro (aterros de resíduos da construção classe A) e fomentando a inovação. Estes equipamentos, públicos ou privados, ou através de parceria, permitem a criação de uma nova cadeia produtiva, transformando o resíduo em matéria prima e gerando emprego e renda, além de ampliar as alternativas para os profissionais projetistas conceberem.

Projetos arquitetônicos com conceitos sustentáveis, principalmente voltados para a redução da produção de resíduos, evitando retrabalhos, prevendo materiais e tecnologias eficientes que possam ser reaproveitados ao invés de descartados após manutenções ou demolições, devem receber a devida atenção. Cada etapa do CVE deve ser pensada na concepção de projetos. Da construção à demolição, inclusive a destinação dos resíduos gerados, devem ser planejados para minimizar os impactos ao meio ambiente. A dedicação dos profissionais projetistas, principalmente arquitetos, é primordial para que seja atingido o objetivo de se obter construções sustentáveis.

1.2 – Motivação

A vivência da autora como arquiteta, experimentando os desafios da adequação dos conceitos sustentáveis à construção civil, foi a principal inspiração para a escolha do tema. Arquiteta desde 2005, e trabalhando na construção civil antes mesmo da formação superior, possui experiência tanto na elaboração de projetos quanto em acompanhamento de obras e questões orçamentárias. Em todas as frentes de trabalho que participou vivenciou as dificuldades em atender às solicitações de clientes, pessoa física ou jurídica, adequando-as a práticas ambientais aceitáveis tanto legal como conceitualmente.

Esta necessidade de adequar a construção civil com a prática sustentável foi a pretensão inicial na elaboração do trabalho em tela, mas foi percebida a amplitude do tema e a importância de um envolvimento mais profundo. Com isto a autora reduziu o foco procurando um tema mais específico dentro desta ampla área.

Especialmente em relação à produção de resíduos sólidos foi percebida a carência na aplicação de conceitos sustentáveis. A adequação de projetos, custos e obras para se chegar à redução significativa de produção de resíduos foi, e está sendo para a autora, um aprendizado que a inspirou para a realização desta dissertação e que continua a inspirá-la na realização de pesquisas.

A autora propõe a prevenção em vez de medidas paliativas, devendo ser diminuída e até evitada a produção de resíduos desde o início do Processo de Desenvolvimento do Produto - PDP. Obviamente este pensamento permeia várias questões difíceis de serem superadas como a obtenção de dados ambientais, obtenção de materiais e tecnologias que se adequam a este objetivo, pouca legislação consistente, entre outros. Entretanto, o envolvimento dos profissionais projetistas para reverter a realidade da produção de resíduos sólidos é necessário para mudar práticas errôneas e incentivar a mudança desta cultura.

1.3 – Objetivo, metodologia e o resultado a alcançar

Este trabalho pretende estudar e fundamentar o pensamento sustentável desde a primeira etapa do PDP, ou seja, início da concepção arquitetônica, com o objetivo de entender como é possível minimizar a produção de resíduos durante todo o CVE. Assim serão analisados:

- Conceitos sustentáveis em relação à metodologia de desenvolvimento de projetos arquitetônicos;
- Fases da etapa de projeto arquitetônico;
- A produção de resíduos no CVE, focando materiais e sistemas construtivos.

A metodologia de trabalho foi baseada em duas vertentes: a utilização de bibliografias sobre realização de projetos e resíduos sólidos; e análise de projetos e obras já realizadas. As bibliografias consultadas, além de pesquisadas em bases pertinentes, foram adquiridas no decorrer das aulas de disciplinas como: Gestão Integrada do Desenvolvimento de Produtos Industriais; Teoria e Prática do *Design*; *Design*, Inovação Social e Sustentabilidade; e Sustentabilidade em Arquitetura. Assim, foi possível contato com conteúdo sobre a realização de projetos, sustentabilidade, gestão e inovação. O estudo referente a resíduos sólidos foi realizado pesquisando-se em instituições como Sinduscon e Finep, além de normas, dissertações, teses, artigos e demais bibliografias.

Para a obtenção de informações de exemplos da vida profissional da autora – projetos e obras já executados - fez-se necessária a determinação de quais obras seriam observadas e de como estas informações seriam analisadas. Chegou-se assim, como metodologia de pesquisa mais apropriada, ao Estudo de Caso. A evolução da escolha do Estudo de Caso como metodologia de pesquisa está no Capítulo 05, destinado aos casos. Estes são exemplos já executados de utilização de material, solução para manutenção, utilização de ferramenta para auxílio a projetos e transformação/beneficiamento de resíduos de demolição.

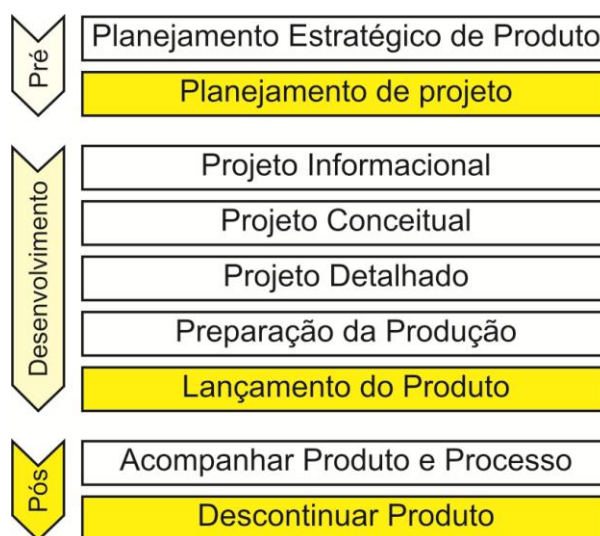
As experiências de trabalho que estão dispostas nesta dissertação pertencem ao setor da construção civil, realizadas em um escritório técnico pertencente a uma instituição pública. Este escritório tem por funções a elaboração de projetos de edificações novas e reformas, a elaboração de documentações para licitação e o acompanhamento e fiscalização de empresas contratadas para a realização de obras. As edificações analisadas são consideradas de grande vulto uma vez que envolvem múltiplas engenharias e possuem considerável complexidade. Apesar da diversidade de projetos na realização das obras analisadas o foco principal desta dissertação é pautado nos projetos de arquitetura. É pertinente destacar que foram escolhidos para os estudos de caso projetos de edificações novas e não projetos de reforma, além de uma experiência profissional de desmonte de edificação.

A intenção é demonstrar e fomentar a necessidade de o projeto arquitetônico ser visto como elemento redutor da produção de resíduos sólidos na indústria da construção civil. Como resultado será elencado parâmetros, ou seja, recomendações a serem seguidas para a realização de projetos com este intuito. Ao final da apresentação de cada caso estarão elencadas recomendações destacadas a partir destes.

1.4 – Ciclo de vida da edificação (CVE) e delimitação da dissertação

No Processo de Desenvolvimento do Produto – PDP - segundo ROZENFELD *et al.* (2006), encontram-se atividades como lançamento, acompanhamento e descontinuidade do produto, permitindo o aprendizado ao longo de todo o ciclo de vida deste. Como se verifica na figura 1, o PDP divide-se em macrofases e fases, partindo do simples planejamento estratégico do produto até a produção propriamente dita e seu fim de vida.

Figura 1 - PDP: macrofases e fases.



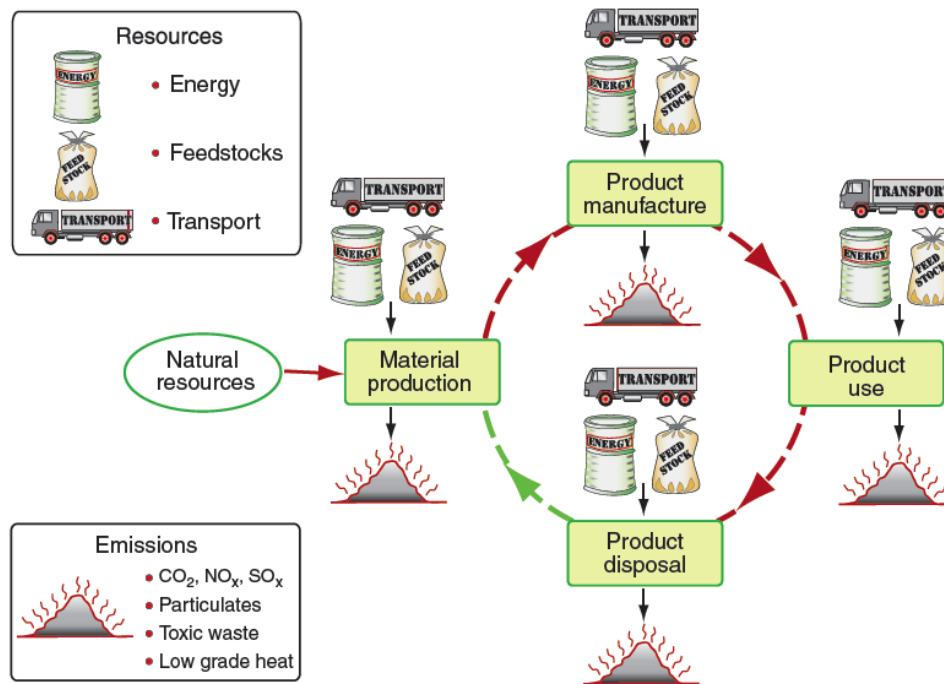
Fonte: adaptado de ROZENFELD *et al.* (2006, p.44)

O ciclo de vida de um produto é o histórico desde sua criação até a sua retirada do mercado segundo NAVEIRO *et al.* (2008). Transportando este conceito para a construção civil temos o início do ciclo de vida na concepção do projeto arquitetônico, passando pela construção, chegando até a utilização e, por fim, ao exaurimento da edificação com a demolição. Os resíduos estão presentes ao longo de todo este processo.

Segundo VEZZOLI & MANZINI (2008a) o conceito de ciclo de vida refere-se às entradas e saídas com trocas entre o ambiente e todo o conjunto de processos que implica a vida inteira de um determinado produto. O ciclo de vida engloba todas as etapas de produção, da retirada de matéria prima diretamente do meio ambiente, como ocorre na

mineração, chegando à fabricação e ao fim da vida. Além dos recursos naturais há consumo de energia e transporte. Todas estas atividades durante o ciclo do produto, conforme figura 2, proporcionam não só o consumo destes recursos, mas também a emissão de substâncias no meio ambiente, como pode ser verificado a seguir:

Figura 2 - Ciclo de vida do material.



Fonte: ASHBY (2009, p. 41)

Para DEGANI *et al.* (2002) o CVE é dividido em planejamento, implantação, uso, manutenção e demolição. O planejamento, ou entrada, é o início do ciclo onde se verifica a viabilidade física, econômica e financeira do empreendimento, realizam-se projetos e a organização das atividades construtivas.

A implantação é a construção propriamente dita, a produção da edificação. O uso é a ocupação, a utilização do produto. Dentro do período de utilização da edificação são realizadas manutenções, ou seja, recuperação de materiais ou sistemas tecnológicos que chegaram ao fim de sua vida útil, que foram danificadas ou superadas em tecnologia.

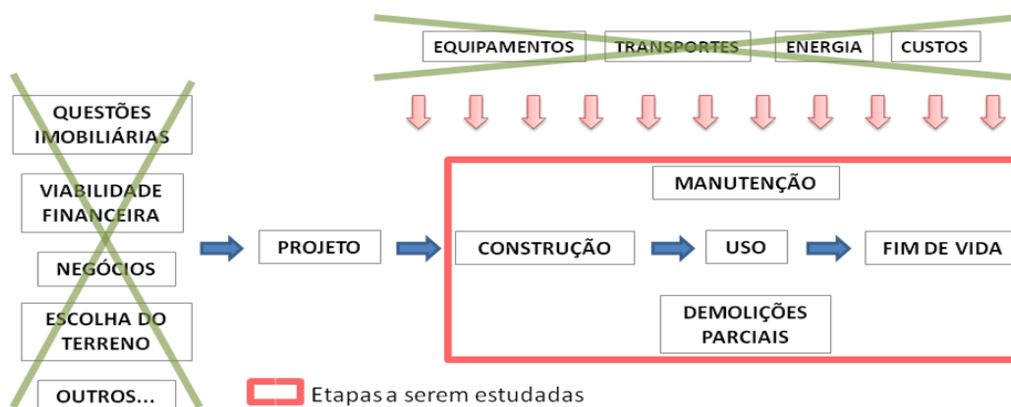
Também ocorrem resoluções de patologias ou erros na construção e a reorganização dos espaços devido a uma nova realidade de uso.

Por fim, a demolição é o momento da inutilização da edificação através de seu desmonte. Cada uma dessas etapas interage com o meio ambiente de alguma forma, produzindo efeitos e causando impactos ambientais que tem por definição, segundo o CONAMA:

“(...) qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma da matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente afetem a segurança, a saúde e o bem-estar da população, atividades socioeconômica, biota, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e a qualidade dos recursos naturais”. (CONAMA 001/86, 1986, Art. 1º)

O produto em tela é formado pela união e transformação de vários produtos diferentes, que possuem ciclos distintos, o que caracteriza a complexidade da análise do CVE. Para que seja feito, devem ser verificados os processos de produção de todos os produtos utilizados, o que torna este estudo extremamente difícil. Assim, foi necessário que fosse delimitado parte do CVE para a realização do estudo sobre resíduos sólidos. Na Figura 3 é demonstrado o período a ser analisado: projeto (entrada), construção, utilização (uso, demolições parciais e manutenção) e o fim de vida (demolição).

Figura 3 - Ciclo de vida da edificação – delimitação do estudo.



Fonte: Elaboração própria.

O projeto é a etapa que se pretende favorecer, elencando recomendações para sua elaboração. A construção, a utilização e o fim de vida são períodos a serem analisados.

1.5 – Estrutura do trabalho

Esta dissertação é dividida em 7 partes: no Capítulo 1 – Introdução – encontram-se a justificativa, a motivação, os objetivos a serem alcançados, um apontamento relativo a metodologia, o ciclo de vida da edificação e a delimitação da dissertação.

O Capítulo 2 - Construção e sustentabilidade: histórico e conceito, trilha um breve histórico relativo à construção civil e a arquitetura, além de apresentar conceitos relativos à sustentabilidade.

No Capítulo 3 – Projeto de arquitetura e a sustentabilidade - é apresentado o significado e as fases do projeto de arquitetura, concepção de projeto, além da abordagem sustentável no projeto de arquitetura. Informações sobre Resíduos Sólidos, impactos provocados, materiais de construção e a destinação, estão no Capítulo 4 – Resíduos Sólidos da Construção Civil.

Ápice da dissertação, o Capítulo 5 – Estudos de caso em etapas do CVE – apresenta o desenvolvimento de como se chegou à utilização desta metodologia, a organização do plano de pesquisa, a descrição dos casos separados de acordo com a delimitação do CVE, conforme consta no Capítulo 1. Ao final de cada caso estão dispostas as recomendações definidas a partir destes.

A partir da análise dos casos realizados no capítulo anterior, seguem-se as Considerações finais no Capítulo 6, onde foi feito um panorama desta dissertação, é apresentada um resumo das recomendações, tanto os constituídos através de bibliografias como os ligados diretamente aos casos, chegando a sugestões para futuros trabalhos e a conclusão. Por fim, seguem-se as Referências Bibliográficas e, após, os Anexos.

2 – CONSTRUÇÃO E SUSTENTABILIDADE: HISTÓRICO E CONCEITO

2.1 - Trajetória da construção civil no Brasil

Segundo MORAES (2005) as construções de forma não regulamentada tiveram início no Brasil no período colonial com construções principalmente de fortificações e igrejas. Apesar disto, dos mais de 500 anos de nosso novo país, em quase 400 anos foram realizadas construções autóctones¹, com técnicas que tiveram pouco avanço. Na transição do século XIX para o XX iniciou-se a grande transformação da indústria da construção civil.

A cultura do café e o desenvolvimento industrial possibilitaram a geração de riquezas servindo de alavanca para as construções surgindo estradas de ferro, prédios e casas com novas tecnologias. Na década de 40 o setor chegou a seu auge, considerado um dos mais avançados do período, sendo a tecnologia do concreto armado a mais importante da época.

A década de 70 foi um período de crescimento econômico o que repercutiu diretamente no setor da construção civil. Na década seguinte, chamada de década perdida, após o período expansivo da economia, foi visto uma grande desaceleração, voltando o setor a uma quase estagnação. Nos anos 90, com o surgimento do Plano Real, a economia voltou a ficar estabilizada possibilitando a reação de vários setores, apresentando índices de crescimento no final da década em tela.

Na presente década o crescimento econômico continuou, seguindo o Brasil em um clima de confiança regular. Investimentos do governo e estrangeiros no setor da construção cresceram bastante. As características do setor mudaram, pois ocorre uma preocupação mais intensa com a preservação do meio ambiente. Informações sobre impactos já causados pela construção civil e a corrida tecnológica em prol da inovação para produzir menores impactos é a nova realidade.

¹ Que é oriundo de terra onde se encontra, sem resultar de imigração ou importação: nativo.

2.2 - A preocupação com a sustentabilidade

2.2.1 - Nascimento da consciência ambiental

O homem como parte do meio ambiente tem a grande capacidade de transformá-lo, o que tem acontecido ao longo do tempo. Segundo ZAMBRANO (2008) na época do homem primitivo a interação era harmônica, consumindo e utilizando-se o homem do meio ambiente sem maiores prejuízos. O meio ambiente absorvia todo o consumo, resíduos e atividades exercidas pelo homem.

A mudança do modo de vida fez surgir aspectos negativos e positivos. O avanço tecnológico possibilitou a criação de produtos que facilitaram a vida, ocorreu o aumento da produção de alimentos e avanços na medicina. Toda esta facilidade, que proporcionou o aumento da expectativa de vida e melhoria de sua qualidade, não anula os pontos negativos, ao contrário, os impactos provocados ao meio ambiente trazem riscos.

Os pensamentos sobre a interação homem com o meio ambiente vêm de longa data – os antigos filósofos gregos, dentre eles Hipócrates e Aristóteles, já registravam fatos sobre a natureza, sendo que sem considerar a possibilidade de transformações. Questões como cadeia alimentar, produtividade e crescimento populacional são mais modernos, não sendo mencionados antes de 1700. Estes conceitos estão inseridos na relação dinâmica dos seres vivos com o ambiente, sendo definido por ecologia².

A produção e a quantidade de indivíduos cresceram de forma exponencial, aumentando a intervenção do homem no meio ambiente. Foi a partir da Revolução Industrial, devido às inovações tecnológicas, ao desenvolvimento econômico e com o grande incentivo ao consumismo, que a utilização de recursos naturais teve um salto sem precedentes. A exploração de recursos naturais, como o ferro e a madeira, e a obtenção de energia, primeiramente através do carvão, possibilitou o surgimento de grandes impactos como desmatamentos, contaminação da água e do ar, sem contar com as questões sociais.

² Tem origem no grego "*oikos*", que significa casa, e "*logos*", estudo.

A utilização do petróleo definiu o estilo de vida que temos hoje e concretizou o grande impacto exercido pelo homem ao meio ambiente.

As grandes guerras, principalmente a segunda guerra, foram a propulsão para que os impactos ambientais saíssem da escala local para a escala global. No desenvolvimento de novas tecnologias não era considerado que os recursos naturais são finitos, a geração de poluição e os possíveis impactos econômicos e sociais. Na década de 70 a sociedade passou a perceber os danos em escala global. O efeito estufa, o aquecimento global, o aumento do nível dos mares, o desaparecimento de espécies, entre outras consequências da intervenção do homem passaram a ser discutidas com maior intensidade. Conforme organizado por ZAMBRANO (2008) estão relacionados eventos onde ocorreram debates sobre políticas ambientais a partir da década de 70:

- Publicação do relatório *Limits to Growth* (1972), elaborado por um grupo interdisciplinar de *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) – Cambridge, Estados Unidos. Com o objetivo de diagnosticar os recursos terrestres o relatório apontou a degradação ambiental como principal resultado do crescimento populacional descontrolado e de suas exigências sobre os recursos da Terra;
- Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente (1972) – Estambul, Suécia. Construção do conceito de ecodesenvolvimento. A partir desta conferência poluir passa a ser crime em diversos países.
- Choques do petróleo (1973 e 1979) – Golfo Pérsico. As fontes energéticas renováveis começaram a ser vistas como necessárias;
- Criação da Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (1983) – Nova York, Estados Unidos. Proposta de novas formas de cooperação internacional em prol do meio ambiente;
- Relatório *Nosso Futuro Comum*, Comissão Mundial do Meio Ambiente (1987) – Nova York, Estados Unidos. Proposta do desenvolvimento econômico integrado às questões ambientais;

- Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Rio-92 ou Cúpula da Terra (1992) – Rio de Janeiro, Brasil. Discussão de questões ambientais que como resultado teve a Agenda 21 e o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis;

- Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, RIO +20 (2012) – Rio de Janeiro, Brasil. Foi realizado com o intuito de discutir a renovação do compromisso político com o desenvolvimento sustentável.

Todas estas discussões possibilitaram que se chegasse a definições, planejamentos, acordos e atitudes visando o desenvolvimento sustentável.

2.2.2 - Sustentabilidade e seus princípios

O desenvolvimento sustentável é um modelo de desenvolvimento global onde está inserida a questão ambiental. O conceito de desenvolvimento sustentável foi estabelecido no seguinte texto:

“A humanidade é capaz de tornar o desenvolvimento sustentável – de garantir que ele atenda as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de a geração futura atender também às suas.” (RELATÓRIO DE BRUNDTLAND, 1987, p.9)

Este conceito sintetiza a necessidade de se pensar e agir no âmbito social, econômico, organizacional e em longo prazo, para que realmente se atinja a preservação ambiental, cerne do desenvolvimento sustentável. Segue resumo segundo ZAMBRANO (2008) dos princípios mais significativos constantes do Relatório de Brundtland – Nosso Futuro Comum:

- Eficácia econômica – Deve ser considerado não apenas o custo benefício nas tomadas de decisões financeiras, mas também deve ser verificado o efeito destas decisões no meio ambiente e na sociedade. Assim, as questões econômicas passam a ter uma relação entre vantagens financeiras, ambientais e sociais. Envolve também o direcionamento dos investimentos globais de forma a beneficiar e desenvolver áreas onde as necessidades básicas são precárias;
- Equidade social – Refere-se à importância de todos terem seus direitos e culturas garantidos. Isto não perfaz apenas a defesa dos interesses comuns e valores sociais de um grupamento, mas refere-se à garantia ao longo do tempo - das gerações futuras, do espaço e dentro de um grupo ou intergrupos;
- Longo prazo – Todas as decisões devem ser pautadas em cima de um planejamento, onde as questões sociais, econômicas e culturais devem ser previstas e avaliadas conforme as mudanças das necessidades dos grupos envolvidos;

- Globalidade – Os avanços e tecnologias obtidos devem servir de parâmetro norteador para todas as regiões e grupos em âmbito global, levando em consideração as especificidades de cultura, economia e sociais de cada região. Ou seja, uma ação que dá certo em um determinado local, não necessariamente dará certo se replicada simplesmente em outro local com características diferentes;

- Governança – Significa uma gestão onde a sociedade participe democraticamente. Isto consiste em uma atitude ética e responsável de administradores e governantes, tanto da esfera pública quanto da privada, para a tomada de decisões de forma a garantir o interesse público. Compreende ainda a participação de todos os atores, assim, é necessária uma política de conscientização e acesso à informação. Também é importante a elaboração de legislações em prol do desenvolvimento sustentável compreendendo questões econômicas, sociais e ambientais;

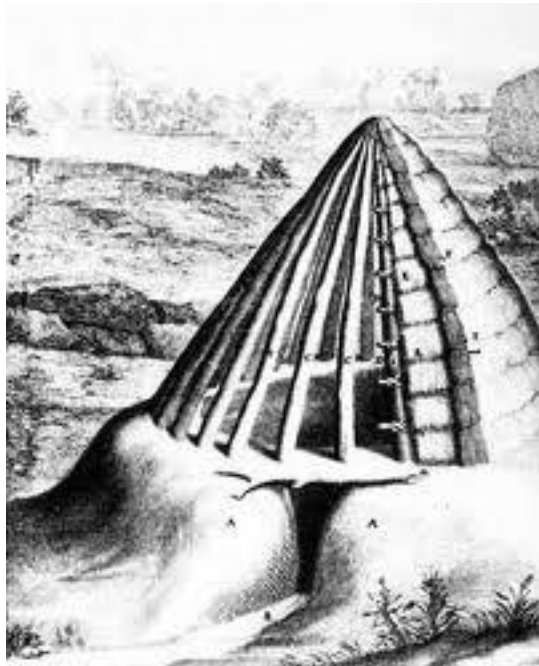
- Preservação ambiental – Consiste na proteção às espécies da flora e da fauna, a não degradação dos recursos naturais com a água, o ar e o solo, e a recuperação dos danos já causados pelo homem à natureza. Requer ainda o desenvolvimento de tecnologias e materiais que não agridam ao meio ambiente atendendo às necessidades dos homens e de tecnologias que absorvam os impactos já causados. A necessidade de políticas, legislações específicas e intercâmbio de tecnologias são de extrema importância para se atingir a preservação ambiental ótima.

Estas são diretrizes gerais constantes do documento sobre desenvolvimento sustentável, mas o mesmo também trás questões específicas e importantes que devem ser observadas concomitantemente para se atingir o objetivo principal. A segurança, o acesso à alimentação, recursos energéticos, indústrias, habitação e saneamento básico são alguns dos pontos específicos do Relatório.

2.2.3 - O caminho da arquitetura até a sustentabilidade

Como destaca ZAMBRANO (2008) a arquitetura foi uma consequência natural da interação do homem com o meio ambiente. As necessidades mais primitivas dos homens fizeram com que estes procurassem abrigos, primeiramente em cavernas, passando posteriormente a construí-los. A proteção contra as intempéries foi a necessidade impulsionadora do surgimento da cabana primitiva (Figura 4), seguida da necessidade de se obter locais para o exercício de atividades diversas. Estas cabanas tinham uma característica vernacular, ou seja, eram construídas por pessoas que levavam em consideração suas necessidades, condições sociais, fatores ambientais, materiais do local e o conhecimento tácito³ passado de geração em geração.

Figura 4 - Casa primitiva por Claude Perrault - descrição de Vitruvio.



Fonte: PONCE, A. R., 2002

³ Conhecimento tácito é adquirido por experiências pessoais, valores e intuição. (Naveiro, 2011).

A arquitetura veio mais tarde, com a padronização e a transformação do conceito tácito em explícito⁴, surgindo a realização do projeto de arquitetura previamente à construção.

“(…) não existia a figura do arquiteto projetista, uma das habilidades necessárias ao construtor, que era transmitida de geração em geração, era o conhecimento das condições ambientais e climáticas locais para melhor adequação da edificação. Depois já com status de arquitetura, envolvendo aspectos conceituais e o desenvolvimento prévio do projeto, encontra-se nos tratados de arquitetura deixados na história registro da preocupação de que esta deveria considerar as condições climáticas do local para a concepção da edificação.” (ZAMBRANO, 2008, p. 49)

As mudanças na sociedade ao longo da história notoriamente servem de espelho para a transformação arquitetônica. Temos como exemplo as mudanças ocorridas com a industrialização e o desenvolvimento de tecnologias, que permitiu o surgimento do movimento moderno na arquitetura a partir da década de 20. Este movimento teve como principal característica a ruptura com o passado em busca do novo visando o futuro. A possibilidade de algo diferente foi estimulada pelo avanço tecnológico e o potencial surgimento de novos materiais, equipamentos e técnicas construtivas.

Apesar do movimento moderno, por seguir as tendências tecnológicas, tratar os produtos arquitetônicos como máquina foi o estilo internacional o movimento que mais se distanciou da preocupação com o meio ambiente. A arquitetura do estilo internacional tinha por estética a utilização de grandes panos de vidro, estrutura metálica e alta tecnologia para suporte do edifício. Este estilo se popularizou não sendo considerada a diversidade do clima entre os diferentes locais, ocorrendo assim o uso necessário de sistemas artificiais para adequar as edificações ao clima, abusando-se do consumo de energia. Era ignorada a

⁴ Conhecimento explícito é o conhecimento articulado, refinado, transformado e generalizado em várias formas explícitas, até atingir a categoria de conhecimento formalizado. (Naveiro, 2011)

possibilidade de se tomar partido do clima local (aquecimento solar, ventilação e iluminação natural, etc.) em detrimento a utilização da padronização estética do estilo.

Apesar da força dos movimentos que exaltavam a tecnologia havia questionadores que defendiam o aproveitamento dos recursos naturais. Em meio a estes questionamentos e por influencia da crise do petróleo – década de 70 – surgiu a arquitetura solar com o objetivo de tornar a arquitetura independente das formas de energia não renováveis. Procurou-se fazer uma arquitetura que se utilizava da energia solar para o aquecimento e que aproveitasse a iluminação natural. Este movimento foi muito criticado, pois não foi encontrado um ponto de equilíbrio – projetava-se a edificação visando uma economia de energia no inverno não se levando em conta períodos mais quentes, virando as edificações grandes estufas no verão.

A arquitetura solar deixou técnicas e conceitos que formaram a base para uma arquitetura que visava uma harmonia maior com o meio ambiente, surgida na década de 80: a arquitetura bioclimática. O objetivo desta arquitetura foi atingir o maior conforto possível tirando vantagens do clima local através de formas e elementos arquitetônicos visando a economia de energia, a funcionalidade e a redução de custos. Eram estudadas as variações de clima, ventos, latitude e altitude, mudanças ocorridas com as estações do ano, umidade, entre outros aspectos, sempre considerando a melhor solução para cada local. Esta arquitetura não possui uma estética própria, e nem se limita a edificação, sendo expandida para uma escala urbana ou reduzida a parte da edificação.

No final da década de 80 foi percebida pela sociedade mundial que havia uma necessidade maior em relação à proteção do meio ambiente, e esta ultrapassava a interação homem-natureza. Assim, fatores econômicos, sociais e culturais deveriam fazer parte da guerra contra a degradação do meio ambiente, inclusive no setor da construção civil. Ocorreu então, no início da década de 90, um chamado da ONU⁵ para a definição do

⁵ Rio 92 – Conferência das Nações Unidas referente ao desenvolvimento sustentável.

que seria esta nova realidade de tratamento do meio ambiente, um novo paradigma. Para a construção civil a absorção dos novos conceitos deflagrou o surgimento da arquitetura primeiramente chamada de ecológica ou arquitetura verde e, mais recentemente, arquitetura sustentável.

A partir de então a arquitetura adquiriu um novo olhar, mais amplo, onde não se verifica apenas as questões climáticas para a concepção de projetos. O consumo excessivo de energia, a utilização de recursos naturais para produção de materiais de construção, a dispersão de resíduos, impactos na vizinhança, relações urbanas, sociais, econômicas, entre outros, em todo o tempo de existência da edificação, passaram a fazer parte do conceber arquitetônico sustentável.

3 – PROJETO DE ARQUITETURA E A SUSTENTABILIDADE

3.1 - O significado do termo Projeto

A palavra Projeto, no sentido amplo, é o processo necessário para se atingir um objetivo. O termo é também empregado para caracterizar o gerenciamento de atividades como o plano de um novo negócio ou o lançamento de um empreendimento imobiliário. Segundo NUNES (2004) consiste no processo de planejar, organizar e gerenciar tarefas e recursos para se atingir o objetivo, com restrições de tempo, recursos e custos. O seguinte trecho também relata esta amplitude:

“(...) o termo projeto passa a abranger também a fase de execução daquilo que foi imaginado, desejado ou delineado, compreendendo um número, às vezes extremamente grande, de tarefas interligadas e de complexidades variáveis. E mais, o projeto, assim entendido, passa a incorporar os meios que lhe foram destinados para sua execução: escritório, gerente, equipe, materiais etc. O projeto, em uma acepção ampla, passa a ser uma organização, ainda que transitória: tem estrutura, regras de funcionamento, objetivos, gerência, equipe, insumos etc.” (NAVEIRO, 2010, p. 26)

O PMI - *Project Management Institute* – destaca a gestão aplicável a projetos focando a delimitação do objetivo, diferentemente de um serviço continuado que tem por característica o processo sem tempo previsto para término, repetitivo.

“Um projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo. A sua natureza temporária indica um início e um término definidos. O término é alcançado quando os objetivos tiverem sido atingidos ou quando se concluir que esses objetivos não serão ou não poderão ser atingidos e o projeto for encerrado, ou quando o mesmo não for mais necessário. Temporário não significa necessariamente de curta duração. Além disso, geralmente o termo temporário não se aplica ao produto, serviço ou resultado criado pelo projeto; a maioria dos projetos é

realizada para criar um resultado duradouro. Os projetos também podem ter impactos sociais, econômicos e ambientais com duração mais longa que a dos próprios projetos.” (*PMBOK*, 2008, p. 11)

No setor da construção civil o projeto no sentido amplo é chamado também de empreendimento e caracteriza uma série de atividades para se atingir um objetivo que pode ser, dentre outros, a construção de uma edificação, uma reforma, uma intervenção urbana ou a execução de infraestrutura de instalações e saneamento. As atividades necessárias em um empreendimento são diversas e diferentes para cada tipo de construção podendo compreender questões legais, a viabilidade econômica, o marketing, a concepção do projeto, construção, vendas, etc.

A concepção do projeto é uma das atividades constante em um projeto no sentido amplo, e outro significado importante para o termo projeto, sendo a representação da criatividade na resolução de um problema que, na construção civil, tem por resultado, por exemplo, a edificação a ser construída ou reformada. Segue abaixo definição de norma para elaboração de projeto neste sentido:

“Determinação e representação prévias do objeto (urbanização, edificação, elemento da edificação, instalações prediais, componentes construtivos, material para construção) mediante o concurso dos princípios e das técnicas próprias da arquitetura e da engenharia.” (NBR 13531, 2000, p. 2)

3.2 – A influência dos projetos na edificação

3.2.1 - Concepção arquitetônica

Na construção é necessária a realização de projetos gráficos de diferentes especialidades. Cada projeto possui suas peculiaridades e, ao mesmo tempo, questões comuns a um ou mais projetos. Esta influencia que cada especialidade exerce em outra perfaz um sistema multidisciplinar. O projeto arquitetônico é a base para a realização dos demais projetos.

Não há uma definição universal para o significado de arquitetura, no entanto, um conceito expressado por Lúcio Costa é o mais aceito, devido a sua abrangência:

"Arquitetura é antes de mais nada construção, mas, construção concebida com o propósito primordial de ordenar e organizar o espaço para determinada finalidade e visando a determinada intenção. E nesse processo fundamental de ordenar e expressar-se ela se revela igualmente e não deve se confundir com arte plástica, porquanto nos inumeráveis problemas com que se defronta o arquiteto, desde a germinação do projeto, até a conclusão efetiva da obra, há sempre, para cada caso específico, certa margem final de opção entre os limites - máximo e mínimo - determinados pelo cálculo, preconizados pela técnica, condicionados pelo meio, reclamados pela função ou impostos pelo programa - cabendo então ao sentimento individual do arquiteto, no que ele tem de artista, portanto, escolher na escala dos valores contidos entre dois valores extremos, a forma plástica apropriada a cada pormenor em função da unidade última da obra idealizada. A intenção plástica que semelhante escolha subentende é precisamente o que distingue a arquitetura da simples construção." (COSTA, 1940, p. 608)

A concepção de um projeto arquitetônico possui algumas funções bem definidas:

- solução;
- estética;

- transmissão e recepção.

A solução não é a resolução de um problema preexistente, mas sim descobrir a real necessidade e montar o problema para depois chegar à resolução. Muitas vezes o pedido para se conceber um projeto de uma construção vem indefinido, não sendo conhecida a real necessidade e viabilidade para fazê-lo, sendo imprescindível um estudo mais aprofundado.

“O projeto pode ser considerado como pertencente à classe dos problemas abertos, isto é, uma classe em que os constrangimentos não são inteiramente capazes de delimitar o espaço de soluções. Isso exige do projetista um esforço para diminuir o grau de liberdade na busca de uma solução; que, na prática, representa um trabalho de estruturar o problema na medida em que ocorre a progressão da criação.” (PORTHUN, NAVEIRO, DUARTE, 2011, p. 146)

A solução vem com o pensar o espaço transcrevendo-o em forma de desenhos e demais documentos.

“(...) o projeto não pode ser entendido como entrega de desenhos e de memoriais; muito mais do que isso, espera-se que o projetista esteja, antes de mais nada, comprometido com a busca de soluções para os problemas de seus clientes.” (MELHADO, 2001, p. 73)

A estética, principalmente no que diz respeito à projeção arquitetônica, representa o pensamento criativo, funcional e técnico. Pode ser entendida como a originalidade da forma integrada ao meio ambiente para servir a funções predefinidas utilizando-se de técnicas construtivas.

Para que qualquer intervenção construtiva seja realizada é necessário que o projeto gráfico seja compreendido. Padrões de desenhos técnicos normatizados, informações em relação a materiais, dimensões e como se executar determinado elemento construtivo devem estar claros. Assim, não basta se chegar a uma solução mental, deve haver a

transmissão através de padrões técnicos de desenhos, simbologias e textos coerentes para que o receptor – executor da construção – seja capaz materializar a solução.

O aspecto sustentável adentra na primeira função destacada, tendo questões a serem superadas que vão além de pensar questões energéticas, conforto térmico e luminotécnico.

“(…) em uma abordagem mais ampla, arquitetura sustentável é mais do que tratar conforto ambiental e energia. Pode-se listar uma série de outros fatores ambientais, sociais, econômicos e até mesmo urbanos e de infraestrutura. Assim, as premissas para a sustentabilidade da arquitetura são extraídas do contexto em questão do problema ou do programa que é colocado para a proposição do projeto. Dessa forma, pode-se afirmar que a sustentabilidade de um projeto arquitetônico começa na leitura e no entendimento do contexto no qual o edifício se insere e nas decisões iniciais de projeto.” (GONÇALVES & DUARTE, 2006, p.54)

3.2.2 – Abordagem sustentável no projeto arquitetônico

Para garantir o Desenvolvimento Sustentável preconizado na década de 90, o setor da construção civil passou a inovar idealizando e melhorando técnicas no sentido de aumentar a eficiência ambiental. Proliferou, com isto, tanto no meio acadêmico como no âmbito do mercado, pesquisas e aplicações com este objetivo, visando atingir, mensurar e controlar a sustentabilidade em todo o CVE.

A esfera governamental também precisou se adequar às diretrizes gerais surgidas em um âmbito global, nos diversos movimentos e acordos sobre o meio ambiente, sendo redigidas e aprovadas legislações sobre o assunto.

A abordagem ambiental nos projetos arquitetônicos não é assunto novo, apesar de ter adquirido força e estar sendo evidenciada a poucas décadas, a mais de 50 anos estudos são realizados para obter edificações com qualidade ambiental. Os primeiros estudos focavam a qualidade climática da edificação em sua utilização, não havendo grande preocupação com demais intervenções ambientais provocadas durante a construção, na própria utilização e no fim de vida da edificação.

A sustentabilidade na concepção de projetos arquitetônicos pode ser aplicada de duas maneiras: empiricamente, onde o conhecimento e a prática no desenvolvimento de projetos ocorrem de maneira natural, e a metodológica, utilizando-se de mecanismos para auxiliar na abordagem ambiental do projeto. Estes podem ser utilizados tanto na concepção quanto na avaliação de ambientes já construídos, e podem ser classificados como: Selos e Certificações Ambientais e Técnicas e Ferramentas de Auxílio ao Projeto.

- SELOS E CERTIFICAÇÕES AMBIENTAIS:

Estes disponibilizam parâmetros a serem verificados na realização de qualquer ação que levem à melhoria de desempenho da edificação. Cada método tem indicadores de desempenho a serem avaliados como emissões, resíduos, consumo energético, entre outros. Internacionalmente são utilizados pelo menos cinco grandes métodos: BREEAM,

BEPAC, HQE, LEED e CASBEE. No Brasil, as certificações mais utilizadas são LEED, AQUA, PROCEL EDIFICA, CASA AZUL CAIXA. Estes são usados tanto para auxiliar na concepção e planejamento de projetos como para avaliar edifícios já em uso.

A certificação LEED - *Leadership in Energy and Environmental Design* - é uma das mais utilizadas no Brasil. Segundo o *U.S. Green Building Council* – USGBC (2013) – aliança constituída por líderes de instituições de diferentes setores e responsável por desenvolver e aprimorar esta certificação – o LEED tem como um de seus principais objetivos incentivar o uso de materiais de construção sustentáveis e reduzir o desperdício. Segundo MARQUES (2007) é um dos sistemas mais fáceis de serem compreendidos como apoio na realização de projetos e também durante a própria construção e demolição, ou seja, leva em consideração o CVE. Por este motivo segue maiores explicações sobre esta certificação.

Apesar de ter grande aceitação no país ocorrem dificuldades na aplicação deste método, pois é um instrumento desenvolvido originalmente para atender a demandas do território americano, sendo necessária a realização de adaptações para tornar este sistema próprio à cultura e demais realidades brasileiras.







“Algumas dificuldades são encontradas ao se tentar aplicar os sistemas de avaliação ambiental ao contexto brasileiro, devido à grande diferença de cultura entre os diferentes países de onde eles são oriundos. Não é possível copiar, traduzir ou simplesmente aplicar um método estrangeiro no contexto brasileiro ou em qualquer outro país, pois mesmo a ferramenta mais flexível apresenta dificuldades práticas para emprego no Brasil.” (MARQUES, 2007, p.28)

O LEED baseia-se em *checklist* por áreas nomeadas de dimensões. Cada uma destas possui objetivos específicos e pontuação máxima a serem conseguidos com o atendimento às indicações de intenções, requerimentos, ações e documentações, conforme exigido para a obtenção da certificação.

Quanto mais se pontua na utilização das orientações do LEED na concepção de projetos, utilização da edificação, execução de obras e demolições, maior é o nível de classificação, podendo chegar a 110 pontos:

- Certificado: 40-49 pontos ganhos;
- Prata: 50-59 pontos ganhos;
- Ouro: 60-79 pontos ganhos;
- Platina: 80 ou mais pontos ganhos.

Quadro 01 - Dimensões da certificação LEED.

	<p>Espaço Sustentável – Encoraja estratégias que minimizam o impacto no ecossistema durante a implantação da edificação e aborda questões fundamentais de grandes centros urbanos, como redução do uso do carro e das ilhas de calor.</p>
	<p>Eficiência do uso da água – Promove inovações para o uso racional da água, com foco na redução do consumo de água potável e alternativas de tratamento e reuso dos recursos.</p>
	<p>Energia e Atmosfera – Promove eficiência energética nas edificações por meio de estratégias simples e inovadoras como, por exemplo, simulações energéticas, medições, comissionamento de sistemas e utilização de equipamentos e sistemas eficientes.</p>
	<p>Materiais e Recursos - Encoraja o uso de materiais de baixo impacto ambiental (reciclados, regionais, recicláveis, de reuso, etc.) e reduz a geração de resíduos, além de promover o descarte consciente, desviando o volume de resíduos gerados dos aterros sanitários.</p>
	<p>Qualidade ambiental interna – Promove a qualidade ambiental interna do ar, essencial para ambientes com alta permanência de pessoas, com foco na escolha de materiais com baixa emissão de compostos orgânicos voláteis, controle de sistemas, conforto térmico e priorização de espaços com vista externa e luz natural.</p>
	<p>Inovação e Processos – Incentiva a busca de conhecimento sobre <i>Green Buildings</i>, assim como, a criação de medidas projetuais não descritas nas categorias do LEED. Pontos para desempenho exemplar são atribuídos a esta categoria.</p>



Créditos de Prioridade Regional – Incentiva os créditos definidos como prioridade regional para cada país, de acordo com as diferenças ambientais, sociais e econômicas existentes em cada local. Quatro pontos estão disponíveis para esta categoria.

Fonte: GBCBRASIL, 2013

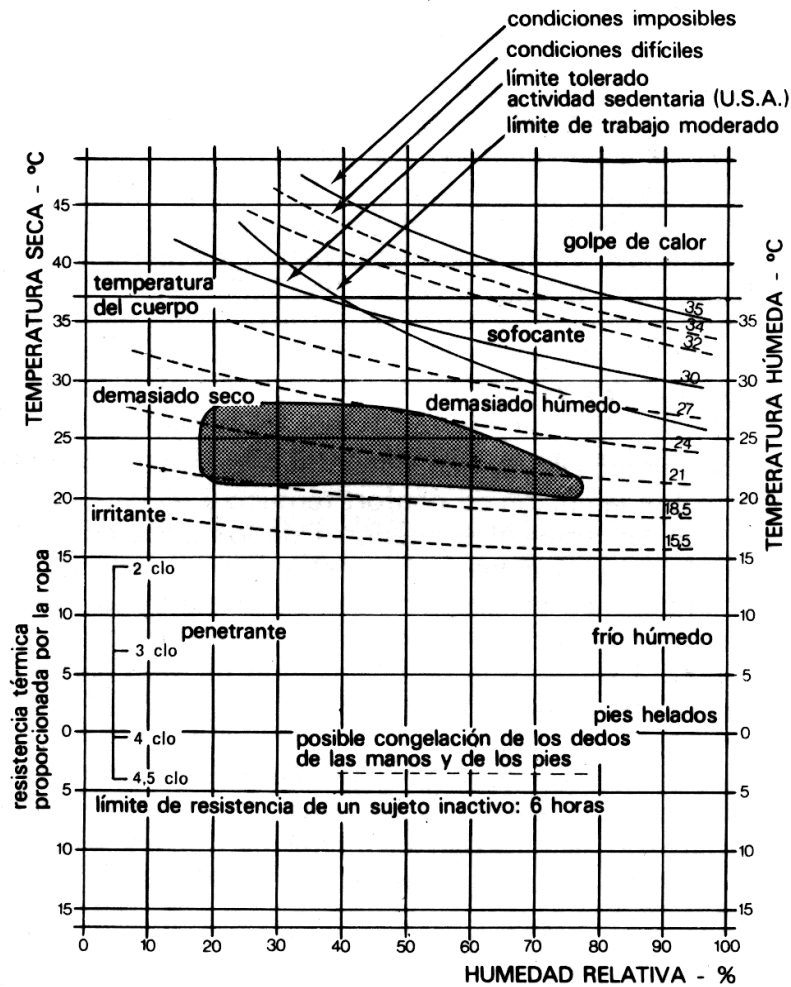
Para se atingir os requisitos para pontuar na dimensão Materiais e Recursos é necessário que os materiais sejam reciclados, reutilizáveis e abundantes na natureza. Para isto os projetos devem prever materiais e suas respectivas formas apropriados para serem desmontados, devem atender adequadamente ao uso proposto e, quando inevitável a produção de entulho, deve ser pensada a destinação (possibilidade de reutilização ou beneficiamento). No anexo 1 (GBCBRASIL, 2013) constam documentos deliberados pelo Comitê LEED referentes a Materiais e Recursos. Nestes estão dispostas recomendações a serem seguidas e suas respectivas pontuações.

- TÉCNICAS E FERRAMENTAS DE AUXÍLIO AO PROJETO

São todas as metodologias que visam à obtenção de dados para a tomada de decisões. Como exemplo temos instrumentos de cálculo e simuladores acústicos, térmicos, entre outros, podendo ser encontrados em formato de softwares.

O Diagrama Bioclimático de Olgyay (Figura 5) foi uma das primeiras técnicas com grande utilização e que tem como objetivo a tomada de decisões aplicando as informações climáticas.

Figura 5 - Diagrama Bioclimático.



Fonte: http://www.miliarium.com/Paginas/Prontu/Arquitectura_Sostenible/Clima/Olgia

Outra técnica é o ecodado. Segundo ASHBY (2009) as propriedades de engenharia (físicas, químicas, térmicas, etc.) estão totalmente documentadas. Informações podem ser obtidas analisando inúmeras tabelas e documentos de diversos materiais, podendo se fazer comparações necessárias à tomada de decisões.

Os dados relacionados ao meio ambiente são menos familiares, necessitando que sejam mais estudados e acessíveis. A grande questão é que estes dados não são de mensuração fácil e direta, como a maioria das propriedades de engenharia. Estas precisam ser definidas e conceituadas para que possam ser calculadas. Cabe aos profissionais, neste caso os da indústria da construção civil, determinarem quais as propriedades

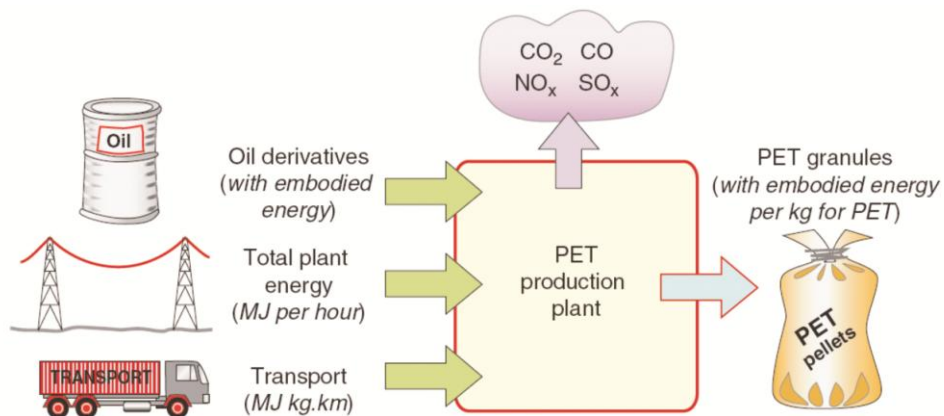
importantes a serem analisadas para incorporar objetivos ecológicos no processo de concepção de projeto.

Um produto para ser definido como sustentável precisa ter dados aceitáveis ambientalmente ao longo de todo o seu ciclo de vida. Não basta, por exemplo, um produto produzir uma reduzida quantidade de resíduo sólido em sua fabricação se, quando do fim de sua vida, não for possível reutilizar ou beneficiar o material deste produto, tendo que ser este descartado no meio ambiente. Disto provém a complexidade da determinação e mensuração dos dados ecológicos, ou ecodados.

O primeiro passo para esta determinação é definir quais seriam as informações necessárias, por exemplo: a quantidade de energia gasta em uma determinada etapa do ciclo de vida, a quantidade de resíduos sólidos produzidos durante o ciclo de vida, a quantidade de material reciclado utilizado, entre outros. Segue abaixo alguns exemplos de ecodados, segundo ASHBY (2009):

- Energia incorporada: é a energia para a produção de massa de unidade (geralmente, 1 kg) de um material (Figura 6).

Figura 6 - Energia na produção de grânulos de pet.



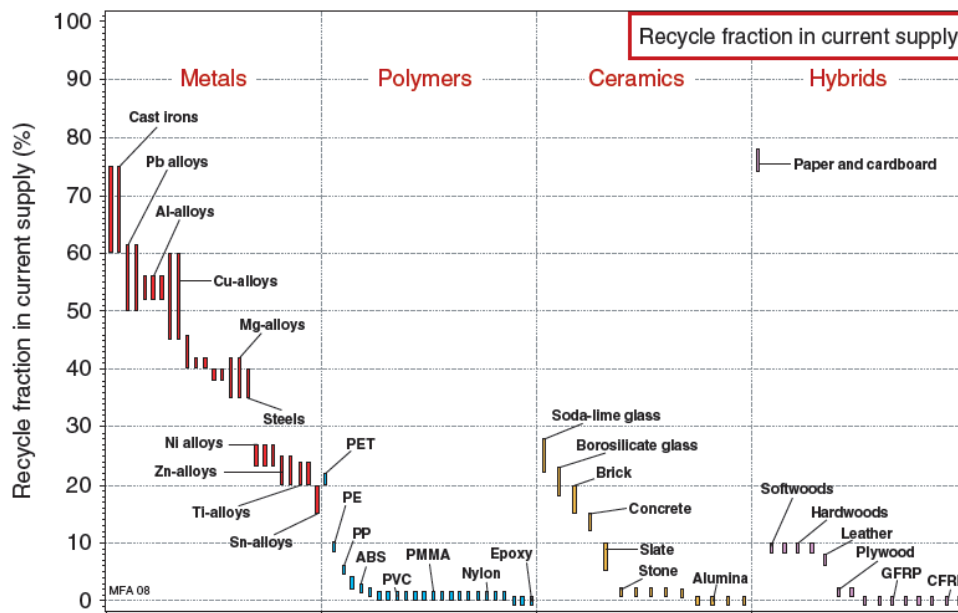
$$(H_m)_{PET} = \frac{\sum \text{Energies entering plant per hour}}{\text{Mass of PET granules produced per hour}} \text{ MJ/kg}$$

Fonte: ASHBY (2009), p. 105

- Quantidade de carbono liberado na atmosfera – é a quantidade de carbono liberado para a produção de uma unidade de massa de material, incluindo o carbono proveniente de transporte e combustíveis de hidrocarbonetos. Sua fórmula é semelhante a da energia incorporada.

Fração de suprimento reciclado de um material – informa quanto de um determinado material está sendo reciclado.

Figura 7 - Fração de suprimento reciclado.



Fonte: ASHBY (2009), p. 119

Ainda como ferramenta mais recente, sendo um ambiente que pode desenvolver várias técnicas, pouco difundida no Brasil, o BIM - *Building Information Modeling* – é um conceito onde a modelagem ultrapassa a representação gráfica sendo a edificação concebida virtualmente integrando diversas disciplinas em um mesmo ambiente (arquitetura, hidráulica, estrutura, etc.).

A esta integração de diferentes especialidades dá-se o nome de compatibilização de projetos, que é a sobreposição gráfica de diferentes elementos para que sejam verificadas eventuais interferências entre estes. O BIM possibilita a compatibilização entre os projetos

com uma maior qualidade, já na concepção, possibilitando uma melhor visualização contribuindo assim para se chegar a soluções mais adequadas para a edificação.

Apesar da grande vantagem dada pelos instrumentos derivados do BIM, estes não indicam os aspectos de usabilidade através de sistemas de modelagem, como destacado no trecho a seguir:

“Existem sistemas que abrangem diversos domínios técnicos com recursos gráficos genéricos que pode ser aplicado a diferentes disciplinas de projeto, pois eles são capazes de fazer desenhos técnicos em várias áreas: arquitetura, mecânica, elétrica, etc. (...) não são capazes de ajudar a tomada de decisão cooperativa em *design* e não tem nenhuma autonomia para identificar problemas ou inconsistências em projetos. Sistemas *Computer-Aided Design* - CAD - comerciais são capazes de apontar certas interferências gráficas, como dois sólidos que ocupam o mesmo lugar, mas não são capazes de identificar os aspectos de usabilidade como a falta de acesso a equipamentos ou a necessidade de um dispositivo de manobra adicional para facilitar a operação de um sistema, por exemplo. Eles não impõem restrições para um *designer* quando ele inclui uma passagem linha de tubulação através espaços deixados propositadamente "livre" em uma plataforma *offshore*, tais como aberturas de acesso, portais, etc. A análise e julgamento destas situações precisam da intervenção do *designer*, já que suas intenções não são capturadas pelo sistema.” (PORTHUN, NAVEIRO, DUARTE, 2011, p. 150)

Apesar do sistema não cooperar diretamente na tomada de decisões, esta prática de concepção é uma nova ferramenta para a utilização das informações para a tomada de decisões. Em relação à qualidade ambiental das edificações, o BIM possibilita percepção de problemas pelos projetistas que, na maioria das vezes, só seriam descobertos no momento da execução da obra e que ocasionariam, por exemplo, desperdício de materiais aumentando o volume de sólidos a serem descartados como entulho de obra.

Para reduzir a produção de resíduos ao longo da vida da edificação é preciso que a abordagem sustentável do projeto tenha esta questão como uma de suas premissas. A sustentabilidade na concepção de projetos arquitetônicos sendo buscada através da utilização de diferentes metodologias é válida quando esta equilibra diferentes questões. Ao longo de anos a produção de resíduos sólidos foi preterida se comparada à importância dada para questões climáticas e de conforto, mas, a partir da abordagem sustentável isto mudou. Ainda assim, muito se dá destaque a produção de resíduo apenas na etapa de construção, sendo tímido o pensamento preventivo na etapa do projeto arquitetônico.

3.2.3 – Fases do desenvolvimento de projetos arquitetônicos

A elaboração do projeto é a primeira etapa do CVE e é nela que se inicia o pensamento para a construção, a utilização e o fim da edificação de maneira sustentável, desta forma:

“(…) os requisitos ambientais devem ser levados em consideração desde a primeira fase do desenvolvimento de um produto. E isto é oportuno porque é muito mais eficaz agir preventivamente, já no projeto, do que buscar soluções, de recuperação ou paliativas, para os danos já causados (soluções *end-of-pipe*⁶). Em termos de projeto, é muito mais interessante, e ecoeficiente⁷, intervir diretamente no produto em questão, do que projetar e produzir (*a posteriori*) soluções e produtos com o propósito de gerir os impactos ambientais.” (MANZINI & VEZZOLI, 2008b, p.91)

A configuração da representação arquitetônica é o ponto de partida na realização dos projetos gráficos, uma vez que é a base para o desenvolvimento das demais especialidades. É importante que conceitos mais abrangentes que influenciam na elaboração de uma edificação sustentável sejam definidos logo na primeira fase da concepção arquitetônica. Isto se deve a grande dificuldade de realizar modificações quanto mais avançado e desenvolvido está o projeto. Quando isto acontece ocorre um grande retrabalho e aumenta o risco de incoerência entre desenhos do projeto arquitetônico e entre projetos das demais disciplinas.

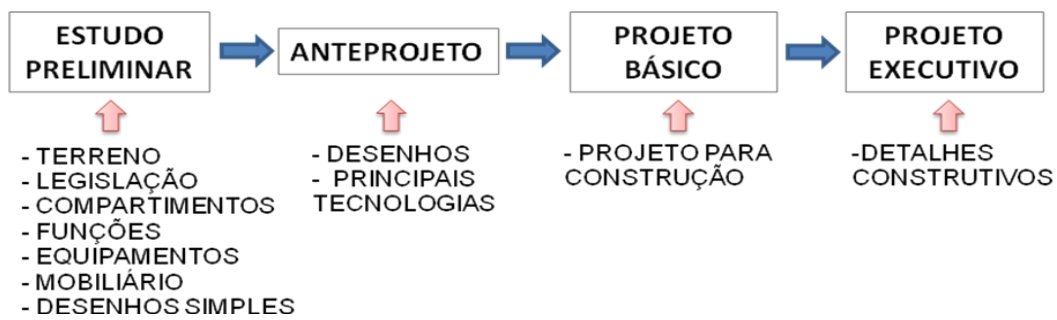
“Quanto mais cedo se começar a tomar decisões baseadas nas exigências para um edifício sustentável, maiores as chances desse resultado ser positivo. Isso acontece porque as decisões tomadas na etapa inicial de projeto servirão de subsídio para as demais.” (MARQUES, 2007, p.52)

⁶ Expressão também conhecida como fim-de-tubo.

⁷ Pode ser obtida através da união entre o fornecimento de bens e serviços sustentáveis a preços competitivos que satisfaçam as necessidades humanas e capazes de promover a redução dos impactos ambientais e de consumo de recursos naturais.

O desenvolvimento do projeto arquitetônico é dividido, segundo a NBR 13531 (2000) – Elaboração de Projetos de Edificações - em diversas fases: levantamento, programa de necessidades, estudo de viabilidade, estudo preliminar, anteprojeto, projeto legal, projeto básico e projeto executivo. A Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura (ASBEA) descreve em seu Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo (2000) as normas NBR 13531 e a NBR 13532 de forma simplificada, adotando como fases o estudo preliminar, o anteprojeto, o projeto básico e o projeto executivo. Neste trabalho está sendo adotada a divisão da ASBEA.

Figura 8 - Fases do Projeto Arquitetônico - ASBEA.



Fonte: Elaboração própria.

Em cada uma dessas fases podem ser aplicados conceitos de sustentabilidade que possibilitam o uso de uma edificação mais adequada e menos agressiva ao meio ambiente ao mesmo tempo em que a construção se torna menos produtora de resíduos, mais econômica e com melhor qualidade ambiental.

O estudo preliminar consiste no acúmulo de informações adquiridas junto ao cliente, no reconhecimento das características do terreno e do seu entorno imediato e no levantamento das legislações pertinentes, para que sejam realizados desenhos iniciais. Também é feito um apanhado estético, através de referências arquitetônicas. A partir de informações coletadas é possível que seja realizada uma organização denominada programa de necessidades que precede o conceber arquitetônico.

Para se chegar a determinações de forma, partido arquitetônico, posicionamento no terreno, ou seja, para se conceber é necessário que se defina qual a função da edificação, os diferentes compartimentos e os principais conceitos. O programa de necessidades é o planejamento, o instrumento inicial da concepção, onde todas as informações serão ordenadas para que seja possível a tomada de decisões. Segundo a NBR 6492 (1994) é “o documento preliminar do projeto que caracteriza o empreendimento ou o projeto objeto de estudo, que contém o levantamento das informações necessárias, incluindo a relação dos setores que o compõem, suas ligações, necessidades de área, características gerais e requisitos especiais, posturas municipais, códigos e normas pertinentes”. Segue outra definição de norma:

“(...) é a determinação das exigências de caráter prescritivo ou de desempenho (necessidades e expectativas dos usuários) a serem satisfeitas pela edificação a ser concebida.” (NBR13531, 2000, p.4)

A elaboração de um projeto sustentável deve ser iniciada já na elaboração do programa de necessidades com a definição de conceitos macros como a economia de energia, através da melhor disposição da edificação para um maior aproveitamento da luz e da ventilação natural, ou a própria integração da forma pretendida ao terreno, de modo a evitar trabalhos de terraplenagem que produzam grande quantidade de terra a ser descartada. Um dos grandes conceitos que deve ser considerado já no momento da idealização do programa de necessidades é a redução da produção de resíduos sólidos.

Na fase de desenvolvimento do anteprojeto se define melhor o desenho, a caracterização dos espaços e sua disposição na edificação. O projeto básico e o anteprojeto podem ser considerados como uma única fase quando a edificação representada é simples. O estudo das soluções que interferem na edificação como um todo, como o sistema estrutural e o uso de tecnologias que melhor interajam umas com as outras de modo a diminuir, ou evitar, desperdícios de materiais e de tempo, devido a retrabalhos ou a técnicas menos flexíveis, se define melhor nessa fase.

No anteprojeto também são definidos os tipos de materiais que serão usados. Para essa escolha devem ser levados em conta os efeitos de fabricação para o meio ambiente e para o homem, a utilização de insumos reciclados, beneficiados, de preferência de origem local, e a manutenção. Enfim, é importante que sejam escolhidos materiais que produzam o mínimo de resíduos, tanto quando de sua colocação, quanto quando de sua manutenção e descarte.

No anteprojeto ocorre um maior detalhamento das tecnologias usadas e o desenvolvimento da representação das engenharias torna-se mais avançado, sendo possível uma avaliação mais criteriosa das interferências entre as especialidades, ou seja, inicia-se a compatibilização de projeto.

A realização do projeto executivo é o detalhamento para a execução, fabricação e colocação de elementos na obra. A questão primordial nessa fase é a orientação para que sejam evitados desperdícios, retrabalhos e para tornar clara a execução de determinados serviços. Deste modo, os desenhos apresentados possuem escalas ampliadas de forma a demonstra soluções às interferências. A fase em questão é muito delicada, pois o tempo de sua realização, muitas vezes, se sobrepõe ao tempo de execução da obra.

A concepção da edificação influencia para minimizar e até mesmo impedir que ocorram diferentes impactos ao meio ambiente. Conceitos sustentáveis como aproveitar recursos locais, utilizar elementos arquitetônicos ou de engenharia tirando vantagens do micro clima, tratamento e reutilização das águas, economia de energia, entre outros, são indispensáveis para a utilização da edificação de forma menos agressiva ao meio ambiente. Mas não apenas o uso consciente da edificação pode ser previsto no projeto: a influência deste na construção, na manutenção, e em seu futuro desmonte também deve ser pensada quando da concepção do projeto.

4 – RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL

4.1 – Definição de resíduos sólidos e os impactos ambientais causados

Os resíduos sólidos da construção civil são aqueles provenientes de construções, reformas e demolições de edifícios, de movimentos de terra e da própria manutenção dos edifícios. Estes, também chamados de entulho, contêm diferentes tipos de materiais: 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. (CONAMA, 2002). Os resíduos foram identificados pelo CONAMA em classes:

- Classe A – são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados:
 - a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem;
 - b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto;
 - c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios, etc.) produzidas nos canteiros de obras;
- Classe B – são resíduos recicláveis para outras destinações, tais como plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
- Classe C - são resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
- Classe D – são resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

O aspecto ambiental, segundo a NBR ISO 14001:1996, é o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Já o impacto ambiental é qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, desta interação. É destacada na NBR ISO 14004:1996 que a relação entre aspectos ambientais e impactos é de causa e efeito, sendo o impacto uma alteração que ocorre no meio ambiente como resultado deste aspecto.

São significativos os seguintes impactos ambientais adversos associados ao CVE listados por DEGANI *et al.* (2002):

- Impacto no meio físico – alteração das propriedades físicas do solo, contaminação química do solo e água, alteração das condições de estabilidade do solo, esgotamento de jazidas minerais, indução de processos erosivos, emissão material particulado respirável, contaminação por gases, poluição sonora, aumento da quantidade de sólidos dissolvidos na água, poluição de lençóis subterrâneos, alteração dos regimes de vazão, escassez de energia elétrica e água.

- Impacto no meio biótico – interferência na fauna e na flora, alteração na dinâmica dos ecossistemas.

- Impacto no meio sócio econômico – alteração na qualidade paisagística, alteração nas condições de saúde, incômodo para a comunidade, alteração do tráfego nas vias locais, pressão sobre suportes urbanos, alteração nas condições de segurança, interferência em bens edificados, geração de resíduos perigosos e não perigosos, aumento do volume de aterros sanitários, obstrução de córregos e vias pluviais (enchentes), geração de emprego e renda, aumento das despesas do município, interferência na drenagem urbana, perda de solos férteis para depósito de entulho.

A complexidade existente no combate aos impactos causados ao meio ambiente pela construção civil, segundo NETO (2004), fazem necessárias atitudes em várias frentes simultâneas:

- minimizar o consumo de recursos;
- maximizar a reutilização de recursos;
- utilizar recursos renováveis ou recicláveis;
- criar ambiente saudável e não tóxico;
- buscar a qualidade na criação do meio ambiente construído.

As questões acima elencadas destacam a importância da concepção de projetos como instrumento para a redução de resíduos sólidos produzidos no setor da construção civil. Toda a produção de resíduos, como foi anteriormente destacada na definição de resíduos sólidos, provém de diferentes materiais e estes, por sua vez, são definidos na concepção de projetos.

4.2 – Materiais de construção

A escolha de materiais vai muito além de escolher aqueles que são produzidos com matéria prima reciclada. Uma das características mais difíceis de um projeto ambientalmente sustentável é encontrar os materiais adequados e disponíveis que ajudem na preservação do meio ambiente e na qualidade de vida do homem. Entretanto, como destaca DEL CARLO (2002), a especificação de materiais com menor impacto ambiental é a melhor maneira de os arquitetos incluírem a sustentabilidade na concepção de edificações, e isto se estende aos projetistas das demais especialidades.

Em relação à produção dos materiais o ideal seria avaliar todo o ciclo de vida de cada material a ser empregado. Obviamente esta não é uma atividade fácil e rápida, cujos profissionais projetistas possam fazer. Apesar disto esta questão não pode ser ignorada, uma vez que no processo de fabricação de produtos ocorrem intervenções importantes no meio ambiente. A extração de recursos naturais, o consumo de energia, o prejuízo à saúde e a dispersão de diversos resíduos no meio ambiente, entre outros, faz da edificação a grande motivadora destes impactos. Os especificadores devem ter acesso a dados que os possibilitem avaliar os materiais em relação a todo o ciclo de vida de sua produção, sem que seja necessário um estudo mais aprofundado.

Os aspectos mais estudados na escolha de um material são a estética, o uso, suas propriedades (resistência, durabilidade, térmica, acústica, etc.) e o custo. Todos estes influenciam na escolha sustentável de materiais, mas está longe de garantir a escolha do material mais sustentável possível. Isto porque muitos outros aspectos não são normalmente avaliados pelos especificadores e, dentre estes está a produção de resíduos sólidos.

Os resíduos sólidos que surgem da edificação estão diretamente ligados à escolha de materiais, não apenas os provenientes de acabamentos, mas também os materiais que compõem instalações, estruturas e diferentes sistemas que a integram. É importante avaliar

a relação dos materiais a serem empregados com o CVE no momento da realização dos projetos. Para o estudo da produção de resíduos e a influencia dos projetos para a redução destes serão analisados dentro do CVE as etapas de construção, a utilização da edificação e seu fim de vida.

Para NETO (2004) as principais dificuldades no setor da construção civil são a falta de desenvolvimento da qualidade, a baixa produtividade, a falta de capacitação profissional diante do avanço do processo tecnológico, a carência de informações e de garantias em relação aos produtos e serviços em razão da ausência de textos com procedimentos e sistematização dos conhecimentos. Estas questões promovem o alto grau de desperdício de materiais e, conseqüentemente, a grande geração de resíduos, o que exige mudanças culturais no setor.

O desperdício de materiais não pode ser caracterizado apenas como materiais que não foram utilizados no canteiro de obras, mas como toda a perda efetiva durante a vida da edificação proveniente de processos construtivos. Assim, o uso de recursos além do necessário é identificado como desperdício. NETO *apud* FRANCHI *et al.* (2004), classifica o desperdício conforme sua origem, natureza e controle:

- Origem: no próprio processo produtivo, na produção dos materiais e na preparação de recursos humanos, projetos, planejamento e suprimentos;
- Natureza: ocorrem na superprodução, substituição, espera, transporte, produtos defeituosos, estoque, movimento de cargas, roubos, vandalismos e acidentes;
- Controle: as perdas são consideradas inevitáveis (perdas naturais) ou evitáveis.

Na etapa de construção o surgimento de resíduos sólidos iniciasse já na entrega dos materiais na obra. O transporte inadequado, muitas vezes trazendo materiais de locais distantes, promove além do desperdício a poluição do meio ambiente com dispersão de materiais. O armazenamento e o transporte de materiais dentro do canteiro de obras são outros fatores potenciais para desperdícios.

A maneira pelo qual os materiais são incorporados à edificação também influencia no aumento do desperdício - acabamentos e sistemas construtivos que necessitam de bases ou outros materiais para fixação, apoio ou acabamento, são serviços que produzem mais resíduos. Como exemplo pode ser destacado a utilização de emboço/reboco antes do emassamento e posterior pintura.

É importante pensar a relação da qualidade da mão de obra com o desperdício e, conseqüentemente, com a produção de resíduos. Quanto mais especializada é a mão de obra, menor é o desperdício. Obviamente existe o desperdício de material já esperado, inerente ao trabalho. Segundo a classificação citada anteriormente estas perdas são inevitáveis - como a quebra de tijolo para o fechamento adequado da alvenaria. A mão de obra menos qualificada transpõe o desperdício inerente ao trabalho.

Existem diversas tabelas com índices de desperdício que auxiliam projetistas na tomada de decisão em relação à produção de resíduos como, por exemplo, as composições de custos destinadas à realização de orçamentos e tabelas estipuladas a partir de pesquisas e levantamentos em obras.

O quadro 02, referente à composição de custo de alvenaria, informa que para a construção de 1,00 m² de parede serão gastos 15 unidades de bloco de concreto, o que equivale a 1,20 m² de alvenaria, ou seja, existe a previsão de desperdício de 16,67% de bloco de concreto. Já o quadro 03, que possui índices obtidos através de levantamentos em diversas obras, nos dá diretamente a porcentagem de perda na realização de serviços como aplicação de emboço. No Anexo 2 estão mais exemplos de coeficientes (índices) de materiais por serviço constantes em composições de custos.

Quadro 02 - Composição de Custos – item destacado em cinza: quantidade de insumo utilizado por unidade de serviço.

AL05.25.0103	Alvenaria de blocos de concreto (10x20x40)cm, com argamassa de cimento e areia no traço 1:8, em paredes com vãos e arestas de meia vez (0,10m), de 3m a 4,50m de altura, e medida pela área real.				m ²
Item Elementar	Descrição	Unid.	Quant.	Custo Unit. R\$	Custo Parcial R\$
MAT013700	Bloco de concreto prensado, de (10x20x40)cm	un	15,00	1,07	16,05
MOD002150	Pedreiro - assentamento de tijolo, bloco de concreto, serviços de lançamento de concreto	h	1,40	13,04	18,26
MOD002450	Servente	h	1,40	9,60	13,44
EVE000050	3% incidente sobre mão de obra direta com Encargos Sociais para cobrir despesas de EPI e ferramentas	%	1,00	31,70	0,95
RSE001750	Argamassa de cimento e areia, no traço 1:8	m3	0,01	215,51	2,16

Fonte: <http://www2.rio.rj.gov.br/sco/>

Quadro 03 - Indicadores globais de perdas e consumos por serviço.

Materiais		Média	Mediana	Desvio padrão	Dif. Quartis	Mínimo	Máximo	n
Tinta - Pintura Externa	Perda (%)	15	15	3	2	13	17	2
	Consumo (l/m2)	2,79	2,79	2,11	1,49	1,30	4,28	
Arg. Ind. Alvenaria	Consumo (kg/ml)	4,95	4,95	2,53	1,79	3,16	6,74	2
Arg. Ind. Chapisco	Perda (%)	21	21	11	8	14	29	2
	Consumo (kg/m2)	4,85	4,85	0,44	0,31	4,54	5,16	
Arg. Ind. Emboço	Perda (%)	99	90	87	98	5	209	4
	Consumo (kg/m2)	30,87	28,23	12,22	13,82	19,79	47,24	
Arg. Ind. Reboco	Perda (%)	13	13	-	0	13	13	1
	Consumo (kg/m2)	46,88	46,88	-	0,00	46,88	46,88	
Arg. Ind. Contrapiso	Perda (%)	42	42	8	5	36	47	2
	Consumo (kg/m2)	27,42	27,42	36,85	26,06	1,36	53,47	

Fonte: FINEP

A utilização da edificação é outra etapa do ciclo de vida que deve ser pensada quando da concepção de projetos. Os materiais especificados devem ser adequados ao uso, evitando sua troca precoce, e possibilitar fácil manutenção.

A manutenção segundo MANZINI & VEZZOLI (2008b) é o conjunto das atividades de prevenção periódica e de ajustamentos de pouca montagem. Para se promover uma vida longa para peças, sistemas e instalações é importante que estes sejam projetados visando uma manutenção que facilite a substituição de partes quando necessário, a limpeza e o acesso de maneira simples. Assim, o projeto deve prever todas estas questões para possíveis manutenções nas instalações hidráulicas, elétricas, sistemas de condicionamento de ar e aquecimento de água, entre outros sistemas e instalações, evitando produção de resíduos.

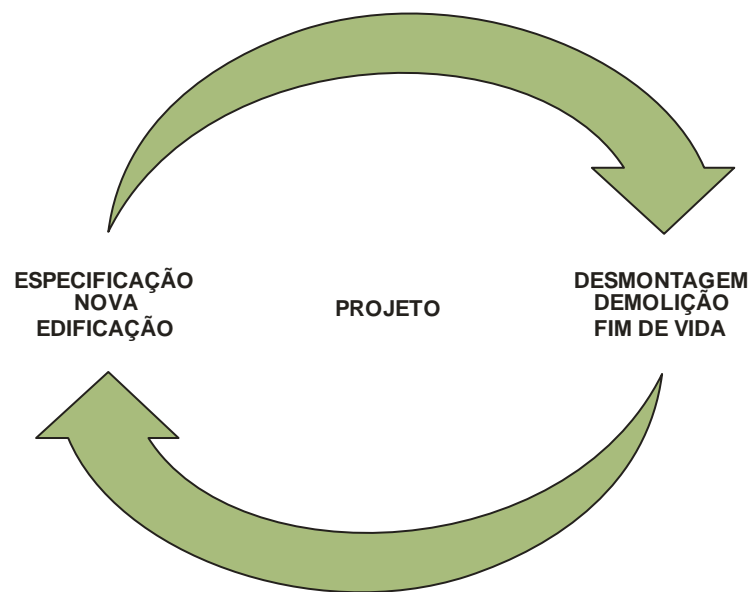
Um material que é exemplo de boa manutenção e de reutilização é a madeira plástica ou sintética. Segundo MARQUES (2007) este material pode ser produzido somente com plásticos ou através de uma mistura de polímeros e alguns materiais orgânicos como madeira e fibras vegetais variadas. Sua utilização pode ser extensa em um projeto, substituindo a madeira com excelência. A manutenção é simples, pois não é preciso envernizar, e sua estética é bem aceitável por ser um material de grande semelhança com a madeira.

Durante a utilização da edificação podem ocorrer reformas para solucionar patologias, por estética, por necessidade de expansões ou por mudanças de uso. A flexibilidade dada à edificação pelo projeto diminui a realização de demolições parciais quando ocorre a necessidade de uma reforma. A utilização de divisórias e forros removíveis são exemplos de sistemas flexíveis, de fácil remanejamento e reutilização.

No fim de vida de uma edificação ocorre a produção de grande quantidade de resíduos sólidos em pouco tempo. A escolha de materiais e sistemas facilmente desmontáveis e reutilizáveis contribui bastante para diminuir o grande volume de entulho

descartado. A especificação de materiais reciclados, beneficiados ou até mesmo a reutilização de elementos retirados de edificações, coloca o projetista como agente importante para a retirada de resíduos sólidos do meio ambiente. Assim, forma-se um ciclo para a não dispersão de materiais de construção, conforme consta na figura 9: o projetista deve se preocupar em especificar tanto para possibilitar a adequada destinação final dos materiais quanto para retirar materiais de construção do meio ambiente.

Figura 9 - Ciclo do material de construção quando especificado.



Fonte: Elaboração própria

O processo para o reaproveitamento dos resíduos quando ocorre uma demolição se inicia pelo desmonte da edificação, que consiste em retirar elementos como telhas e madeiramento da cobertura, esquadrias, forros, divisórias, louças, enfim, todo o material que pode ser retirado separadamente, evitando misturas. A alvenaria, revestimentos e o concreto passam por um processo de demolição propriamente dita.

A separação dos materiais ocorre para que seja dado o destino adequado a estes. Existem empresas específicas para tipos diferentes de material: empresas que beneficiam madeira, funilarias para o aço, de reciclagem de papel, entre outros. Há também os

materiais que são reutilizados diretamente em outras construções sem necessitar de processamento, como madeiras e esquadrias.

4.3 - A destinação dos resíduos

A destinação de resíduos é um desafio que, sendo superado, pode trazer grandes inovações⁸, além de um ganho para a qualidade do meio ambiente. A resolução do CONAMA (2002) nos dá definições importantes para esta destinação:

- Reutilização: é o processo de reaplicação de um resíduo sem transformação do mesmo.
- Reciclagem: é o processo de reaproveitamento de um resíduo, após ter sido submetido à transformação.
- Beneficiamento: é o ato de submeter um resíduo a operações e ou processos que tenham por objetivo dotá-los de condições que permitam que sejam utilizados como matéria prima ou produto.
- Aterro de resíduos da construção civil: é a área onde serão empregadas técnicas de disposição de resíduos da construção civil Classe “A” no solo, visando a reservação de materiais segregados de forma a possibilitar seu uso futuro e/ou futura utilização da área, utilizando princípios de engenharia para confiná-los ao menor volume possível, sem causar danos à saúde pública e ao meio ambiente.

Independente do tipo de destinação é necessário conhecer os resíduos quanto às suas propriedades tecnológicas, químicas e físicas, bem como a viabilidade econômica deste. Não pode ser ignorada a possibilidade de contaminação por substâncias decorrentes do próprio processo de fabricação do material - como concreto com alto teor de metais pesados - e contaminação durante armazenagem - o que costuma ocorrer em obras quando da mistura de restos de comida, tintas, madeiras e papéis com entulho de obra. A maioria das construções, manutenções e demolições produzem resíduos inerentes, mas há casos em que a contaminação altera a classificação do entulho.

⁸ Segundo TIDD *et al* (2008) a inovação é movida pela habilidade de estabelecer relações, detectar oportunidades e tirar proveito das mesmas.

O projeto de arquitetura é um instrumento contundente para a destinação dos entulhos, uma vez que, durante a concepção, podem ser especificados materiais beneficiados, reciclados e reutilizados, contribuindo com a diminuição do volume de resíduos dispersos no meio ambiente.

5 – ESTUDOS DE CASO EM ETAPAS DO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

5.1 – Estudo de Caso como metodologia

5.1.1 – Determinação da metodologia

Como apontado no capítulo introdutório - item 1.3. Objetivo, metodologia e o resultado a alcançar - a metodologia de trabalho utilizada nesta dissertação foi baseada em duas vertentes: a utilização de bibliografias sobre realização de projetos e resíduos sólidos e a observação e análise de projetos e obras já realizadas. No presente capítulo segue descrição de como foi determinada a metodologia mais apropriada para a obtenção de informações de projetos e respectivas obras.

Para tal, foi necessário identificar como as experiências de elaboração de projetos e execuções de obras seriam trabalhadas, e, além disso, qual a metodologia de pesquisa mais apropriada para a criação de recomendações na elaboração de novos projetos. Na escolha da metodologia seguiram-se os ensinamentos de YIN (2010) sendo definidos, primeiramente, questionamentos chaves para nortear a realização deste trabalho:

- 1 – Por que o projeto arquitetônico pode determinar uma maior ou menor quantidade de resíduos produzidos em cada etapa do CVE?
- 2 – Como o projeto de arquitetura pode influenciar na redução da produção de resíduos sólidos?
- 3 – O que pode ser identificado em projetos já concebidos como boa prática, ou não, na redução dos resíduos, para a elaboração de recomendações?
- 4 – O que pode ser feito durante a concepção de projetos de arquitetura para reduzir a quantidade de resíduos produzidos ao longo do CVE?

Segue quadro onde pode ser verificada qual a metodologia de pesquisa mais adequada baseando-se nas perguntas elaboradas:

Quadro 04 - Situações relevantes para diferentes métodos de pesquisa.

Método	(1) Forma de questão de pesquisa	(2) Exige controle dos eventos comportamentais?	(3) Enfoca eventos contemporâneos?
Experimento	Como, por quê?	Sim	Sim
Levantamento (<i>survey</i>)	Quem, o quê, onde, quantos, quanto?	Não	Sim
Análise de arquivos	Quem, o quê, onde, quantos, quanto?	Não	Sim/não
Pesquisa histórica	Como, por quê?	Não	Não
Estudo de caso	Como, por quê?	Não	Sim

Fonte: YIN (2010), p. 29.

Em relação aos dois primeiros questionamentos que utilizam os termos “Como” e “Por que”, faz-se evidente o favorecimento da utilização da metodologia do Estudo de Casos. Segundo YIN (2010) é mais apropriado uma vez que este tipo de questionamento lida com vínculos operacionais que necessitam ser traçados ao longo do tempo, mais do que meras frequências ou incidências, sendo caracterizado como exploratório. Ainda é importante destacar que:

“O estudo de caso é preferido no exame dos eventos contemporâneos, mas quando os comportamentos relevantes não podem ser manipulados. (...) a força exclusiva do estudo de caso é sua capacidade de lidar com uma ampla variedade de evidências – documentos, artefatos, entrevistas e observações (...)”. (YIN, 2010, p. 32.)

Com isto, foi definido que os exemplos que seriam analisados deveriam ser baseados no tempo, ou seja, no CVE. Foi necessário, porém, a delimitação do período para a análise devido à complexidade do projeto e execução do produto em questão. Conforme consta na figura 3 do Capítulo 01 foram determinados três períodos: Construção, Utilização e o Fim de Vida. Para perfazer a contemporaneidade necessária ao estudo de caso foram

escolhidas edificações cujos projetos e suas respectivas execuções são consideradas recentes, uma vez que foram escolhidos projetos que começaram a ser elaborados entre 2004 e 2013 e cujas obras estão em recente término ou obras que finalizaram há pouco tempo.

O termo dos dois questionamentos seguintes – O que – possibilita a utilização de duas vertentes de metodologia podendo ser: exploratória, cuja meta é desenvolver hipóteses e proposições, ou o levantamento / arquivos. Mais uma vez tem-se a indicação da utilização de metodologia com ênfase exploratória.

Como definição técnica de estudo de casos YIN (2010) destaca que esta é uma investigação de observação baseada na experiência, verificando-se o fenômeno contemporâneo da vida real quando os limites entre o fenômeno e o contexto não são evidentes. As situações analisadas são tecnicamente diferenciadas, onde existem mais variáveis como interesse do que dados, tendo amplas fontes de evidência.

5.1.2 – Plano de pesquisa dos Estudos de Caso

Para delinear o plano de pesquisa cinco pontos foram seguidos:

- 1 – Quais as questões do estudo de caso;
- 2 – As proposições;
- 3 – As unidades de análise (o que é o caso);
- 4 – A lógica que une os dados às proposições;
- 5 – Os critérios para interpretar as constatações.

Para a organização do plano primeiramente devem ser determinadas as questões a serem analisadas. Estas já foram elencadas anteriormente, chegando-se às seguintes perguntas base:

- Por que o projeto pode determinar uma maior ou menor quantidade de resíduos produzidos em cada etapa do CVE?
- Como o projeto de arquitetura pode influenciar na redução da produção de resíduos sólidos?
- O que pode ser identificado em projetos já concebidos como boa prática, ou não, na redução dos resíduos, para a elaboração de recomendações?
- O que pode ser feito durante a concepção de projetos de arquitetura para reduzir a quantidade de resíduos produzidos ao longo do CVE?

A elaboração de proposições foi realizada verificando-se o CVE para a identificação dos principais motivos para a produção de resíduos sólidos:

- Canteiros de obras mal planejados;
- Escolha de materiais de construção inadequados;
- Erros de projetos;

- Sistemas e instalações de difícil manutenção;
- Demolições.

O próximo passo é foi a escolha dos casos. Primeiramente se tinha a pretensão de estudar algumas edificações observando todo o CVE – Construção, Utilização e Fim de Vida – de cada uma. Escolher mais de um evento dentro de cada etapa do CVE de um único prédio é uma tarefa complexa, quanto mais verificar diversos eventos em mais de uma edificação. A solução encontrada foi identificar eventos mais representativos para caracterizar cada proposição elaborada. Assim, em vez de fazer estudos em todas as etapas do CVE de cada projeto e obra de diferentes edificações, foram selecionados os eventos pertinentes às proposições sugeridas. Segue abaixo organização levando-se em consideração os eventos selecionados dentro de diferentes projetos, o CVE e a lógica que une os dados às proposições:

Quadro 05 - Resumo da organização dos casos em relação ao CVE e às proposições.

CVE PROPOSIÇÕES CASOS	CONSTRUÇÃO			UTILIZAÇÃO	FIM DE VIDA
	Canteiro	Material	Erro de projeto	Manutenção	Demolição
Caso 01 – Projeto de canteiro	X				
Caso 02 – Perdas inerentes a serviços		X			
Caso 03 – Compatibilização			X		
Caso 04 – Shafts e forros				X	
Caso 05 – Implosão de prédio					X

Fonte: Elaboração própria.

Segue abaixo a descrição da participação da autora em cada projeto e respectiva obra cujos eventos, objetos dos estudos de caso, foram selecionados:

- Projeto do Canteiro (prédio de laboratórios com características industriais): Participação da autora no planejado, na elaboração do programa de necessidades, na

revisão do projeto, na realização do orçamento para licitação pública e diversas visitas feitas à obra.

- Perdas inerentes a serviços (edificação destinada ao ensino e a pesquisa) – Participação da autora na equipe de projeto, tendo contribuído em todas as etapas de projeto, na realização de orçamento para licitação e diversas visitas feitas à obra.

- Erro decorrente de projeto (instalação de cozinha industrial e refeitório) - Participação da autora na equipe de projeto, tendo contribuído até a etapa de projeto básico, na realização de orçamento para licitação e diversas visitas feitas à obra.

- Utilização da edificação (Centro de assistência à mulher) – Participação da autora na revisão de projeto, na realização de orçamento para licitação e diversas visitas feitas à obra.

- Fim de vida (Hospital) – Acesso ao processo de planejamento da demolição e diversas visitas feitas ao canteiro de obras.

Para cada caso foi feita a descrição da edificação, a coleta de dados e respectivas análises. Ao final de cada caso foram elencadas as recomendações pertinentes. Por serem eventos distintos pertencentes a projetos diferentes, cada evento teve uma análise própria utilizando-se de informações qualitativas ou quantitativas, ou ambas. Cada evento, como demonstrado no quadro acima, possui a sua proposição, assim foram feitas interpretações e análises específicas. Com isto os critérios utilizados para interpretar cada evento foram descritos no desenvolvimento de cada caso.

5.2 – CVE: Construção

5.2.1 – Canteiro de Obra – Projeto do canteiro

O canteiro de obras, segundo a NBR 18, caracteriza-se pela “área de trabalho fixa e temporária, onde se desenvolvem operações de apoio e execução de uma obra”. Este deve ser planejado de modo a evitar desperdícios, independentemente do tamanho da obra, sendo racionalizada a realização dos trabalhos, a disposição e guarda dos materiais e, principalmente, o armazenamento de resíduos de obra evitando sua contaminação.

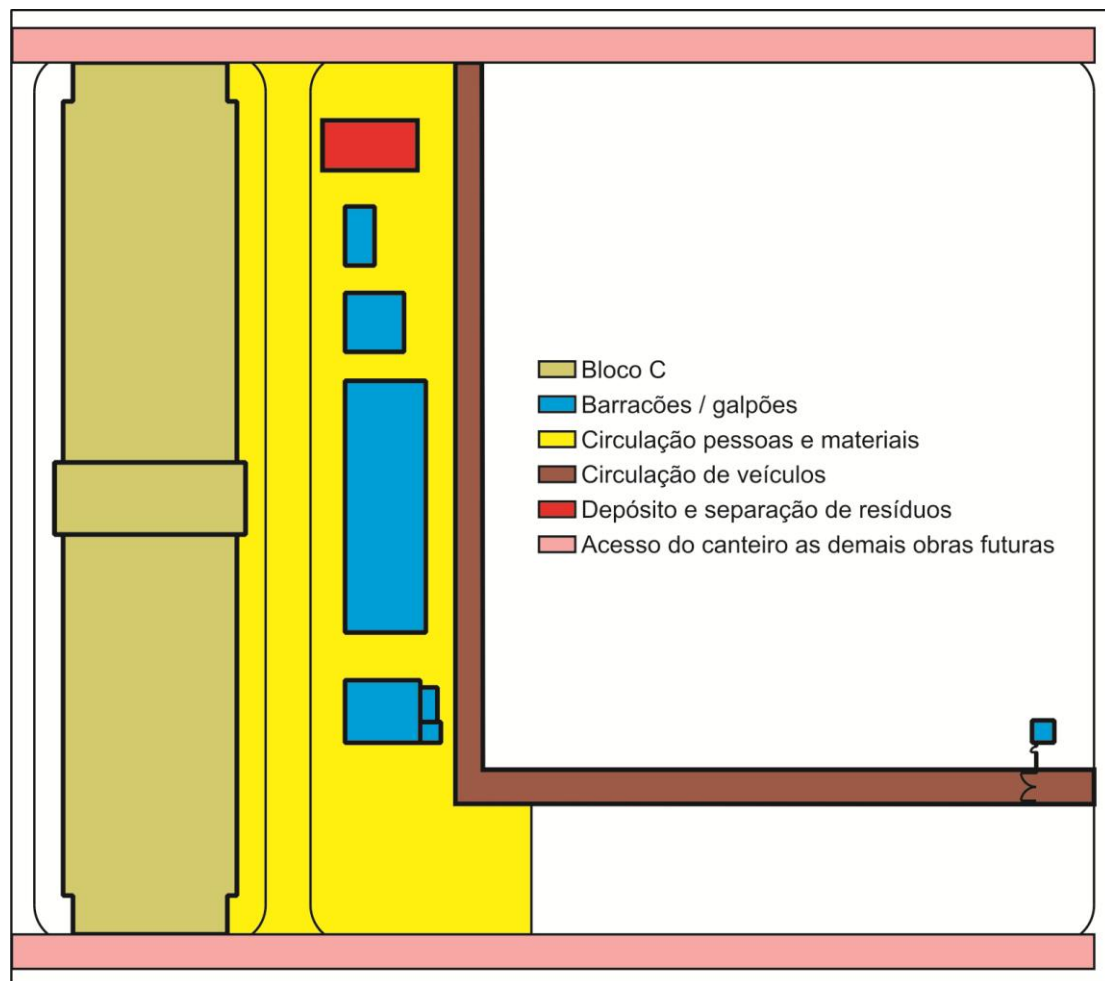
Conforme colocado por ZAMBRANO (2008) a gestão do canteiro de obras é muito importante para a construção do edifício, uma vez que, tudo o que ocorre no canteiro é o reflexo de decisões de projetos. A gestão baseia-se no bom planejamento do espaço do canteiro, na organização das rotinas, no controle de procedimentos, na escolha das equipes e fornecedores da obra, bem como na verificação e controle da qualidade e da gestão dos resíduos.

Como exemplo segue canteiro de obra projetado para a realização de prédio de laboratórios com características industriais. A edificação principal possui cinco andares mais a cobertura, uma praça anexa e três edificações menores que comportam instalações para abastecimento do prédio principal, totalizando 15.238,87 m² de área construída.

O planejamento do canteiro de obras, inclusive com a elaboração de projeto de arquitetura, foi necessário devido à peculiaridade desta construção. O prédio analisado, que recebe o nome de Bloco C, faz parte de um complexo de 6 prédios e precisou ser edificado primeiro. Com isto, na concepção do projeto arquitetônico dos prédios, ocorreu a preocupação com a disposição e funcionamento do canteiro de obras e seu reaproveitamento. Este foi implantado em um ponto central ao complexo de forma a atender e ser utilizado na construção de cada bloco, verificando-se a circulação nos diferentes momentos de obra, o armazenamento adequado de materiais, os diferentes trabalhos de apoio à obra e o apropriado manuseio de resíduos produzidos durante a obra.

O canteiro de obras em tela, com cerca de 2.000,00 m², possui regiões bem definidas: circulação para veículos; barracões e galpões com escritórios, almoxarifado, refeitório, banheiros/vestiários e centrais de apoio à obra; além de área destinada aos resíduos de construção. Segue planejamento do canteiro de obras:

Figura 10 - Planta esquemática de implantação do canteiro.



Fonte: Elaboração própria.

Na etapa de projetos de algumas edificações de grande vulto é feito o planejamento do canteiro de obras, inclusive com a realização de desenhos. É importante uma planta bem definida de canteiro com determinação dos diferentes espaços, atividades exercidas e circulações. A produção de resíduos domésticos como restos de comida, papel, plástico, entre outros, decorrente do consumo dos trabalhadores, não devem ser misturados aos

resíduos de obra para que estes não sejam contaminados. Na área destinada aos resíduos de construção ocorre a recepção dos resíduos, sua separação, classificação e a retirada para locais apropriados de acordo com a classificação. Alguns resíduos, como madeira, foram reutilizados na própria obra.

- CONCLUSÃO EM RECOMENDAÇÕES REFERENTES AO PROJETO DO CANTEIRO:

- 1 – Projetar o canteiro de obras quando da elaboração do projeto arquitetônico, de acordo com a realidade de construção da edificação, evitando retrabalho e desperdícios aproveitando ao máximo os barracões do canteiro;
- 2 – Determinar áreas para depósito de materiais e trabalho em galpões com materiais específicos, como armações e formas. Isto, além de outras questões, impede a mistura de materiais e perdas desnecessárias;
- 3 – Determinar a circulação para o adequado armazenamento de materiais e a retirada destes para a utilização em obra;
- 4 – Área específica para armazenamento, separação e retirada dos resíduos da construção.

5.2.2 – Perdas inerentes a serviços – materiais

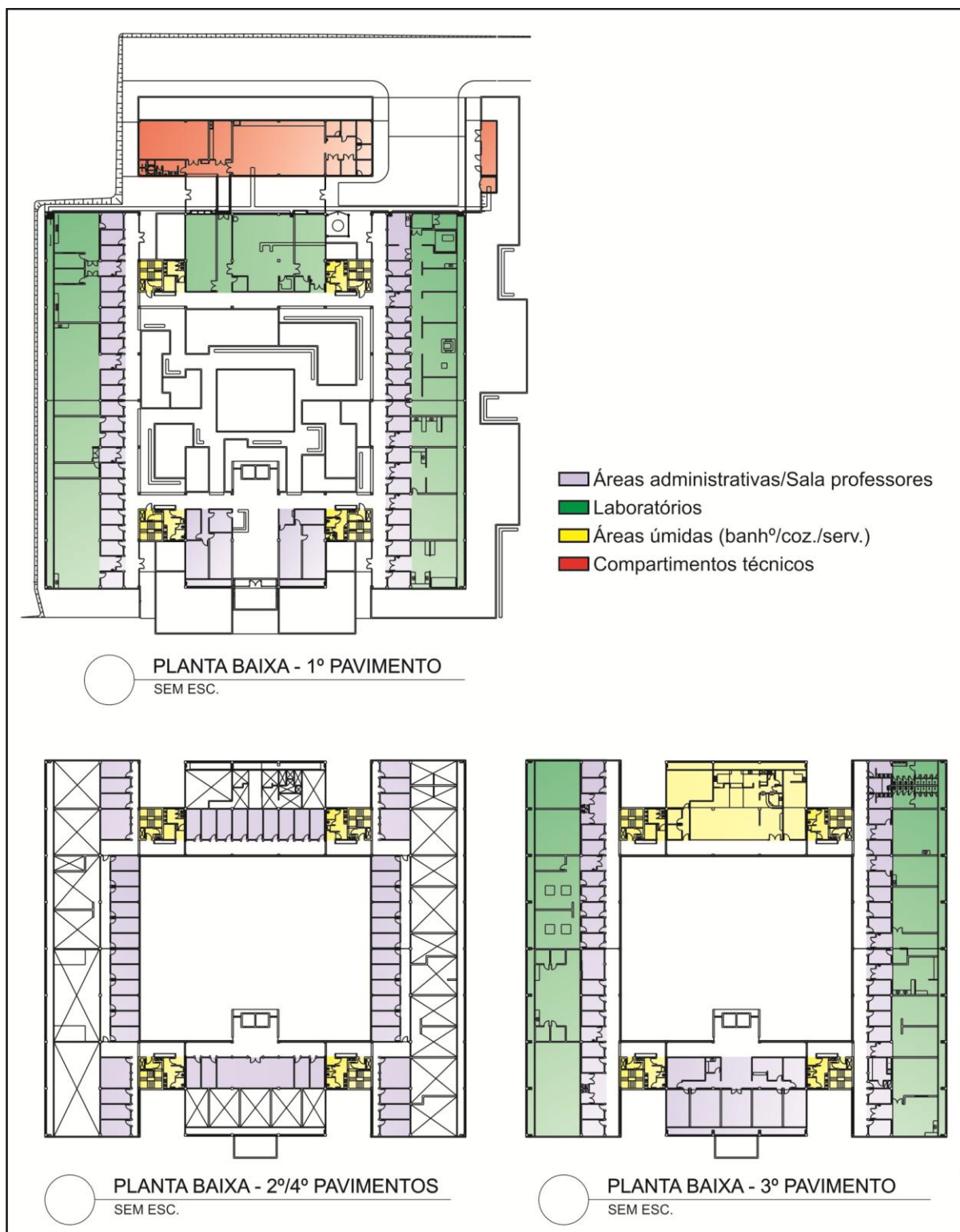
Na construção a produção de resíduos ocorre devido ao emprego de mão de obra não qualificada, planejamento de obra inadequado e projetos ineficientes. Nestes casos, muitas vezes ocorrem retrabalhos e até mudança do escopo do projeto, o que significa maiores gastos quando o processo de construção já está em andamento.

Os resíduos surgem também devido a perdas inerentes à execução dos serviços, assim, quando da concepção do projeto é necessário avaliar os serviços e materiais que menos produzam desperdícios em sua execução.

Para exemplificar a produção de resíduos devido a perdas inerentes na execução de serviços, segue informações referentes a delimitação interna de compartimentos em alvenaria e respectivo revestimento.

Os quantitativos foram retirados de uma edificação destinada ao ensino e a pesquisa, contendo 4 andares divididos em compartimentos administrativos, laboratórios, salas de professores, compartimentos técnicos, banheiros, restaurante e lanchonete. A área total construída é de 9.412,55 m² dos quais 1.720,82 m² são destinadas a salas de professores e administrativas, compartimentos objetos desta análise.

Figura 11 - Planta baixa esquemática de edificação destinada ao ensino.



Fonte: Elaboração própria.

Na realização do projeto de arquitetura foi definido que os compartimentos internos da edificação seriam executados em alvenaria de blocos de concreto revestidos com chapisco e emboço. Segue consumo e produção de resíduos dos referidos serviços para a realização de 1,00 m² de parede:

Quadro 06 - Consumo e produção de resíduos por m² de parede.

MATERIAIS	CONSUMO	RESÍDUOS
Blocos de concreto (10x20x40)cm	0,20mx0,40mx15un 1,20m ²	0,20m ² 16,67%
Chapisco e emboço	0,01575m ³	0,00079m ³ 5,00%

Fonte: Elaboração própria.

O índice de perda adotado para o bloco de concreto foi o da composição de custos do quadro 02. Já o índice adotado para a execução de chapisco e emboço foram obtidos na tabela Finep de pesquisa para a redução de desperdício de materiais, quadro 03. Aplicando estes índices na área de alvenaria das salas de professores e administrativas, chega-se ao seguinte resultado:

Quadro 07 - Produção de resíduos de bloco de concreto de edificação de ensino.

MATERIAIS	TOTAL DE MATERIAL (m²)	TOTAL DE RESÍDUO (m³)
Blocos de concreto (10x20x40)cm	8008,00	160,16
Chapisco e emboço	16016,00	12,65

Fonte: Elaboração própria.

Foi verificada a produção de resíduos inerente aos serviços totalizando um volume 172,81m³, o que corresponde a 35 caçambas de entulho, sem considerar a taxa de empolamento⁹ do referido material.

Quando da elaboração de projetos os envolvidos tomam decisões para traçar os desenhos e escolher especificações de serviços, materiais, instalações e sistemas

⁹ Aumento de volume.

verificando-se algumas diretrizes e dificilmente a produção de resíduos é utilizada como parâmetro para as tomadas de decisões de projeto. No caso em questão poderia ter sido escolhido para o fechamento interno dos compartimentos um sistema de divisória, dispensando o serviço de revestimento de argamassa e eliminando a quebra de blocos inerente ao serviço de alvenaria. Se esta solução fosse adotada seria fácil a realização de mudança de layout, possibilitando a modernização e adequação conforme futuras necessidades evitando demolições parciais reutilizando o sistema de divisória no próprio prédio.

- CONCLUSÃO EM RECOMENDAÇÕES REFERENTES À PERDAS INERENTES A SERVIÇOS:

- 1 - Verificar os índices de desperdícios/perdas inerente ao serviço, para a especificação de materiais;
- 2 - Escolher materiais que não necessitem, ou que necessitem pouco, de bases, rejuntamentos ou acabamentos;
- 3 - Projetos flexíveis, possibilitando mudanças de compartimentos e expansões com a menor produção de resíduos possível.

5.2.3 – Erro decorrente de projeto - Compatibilização

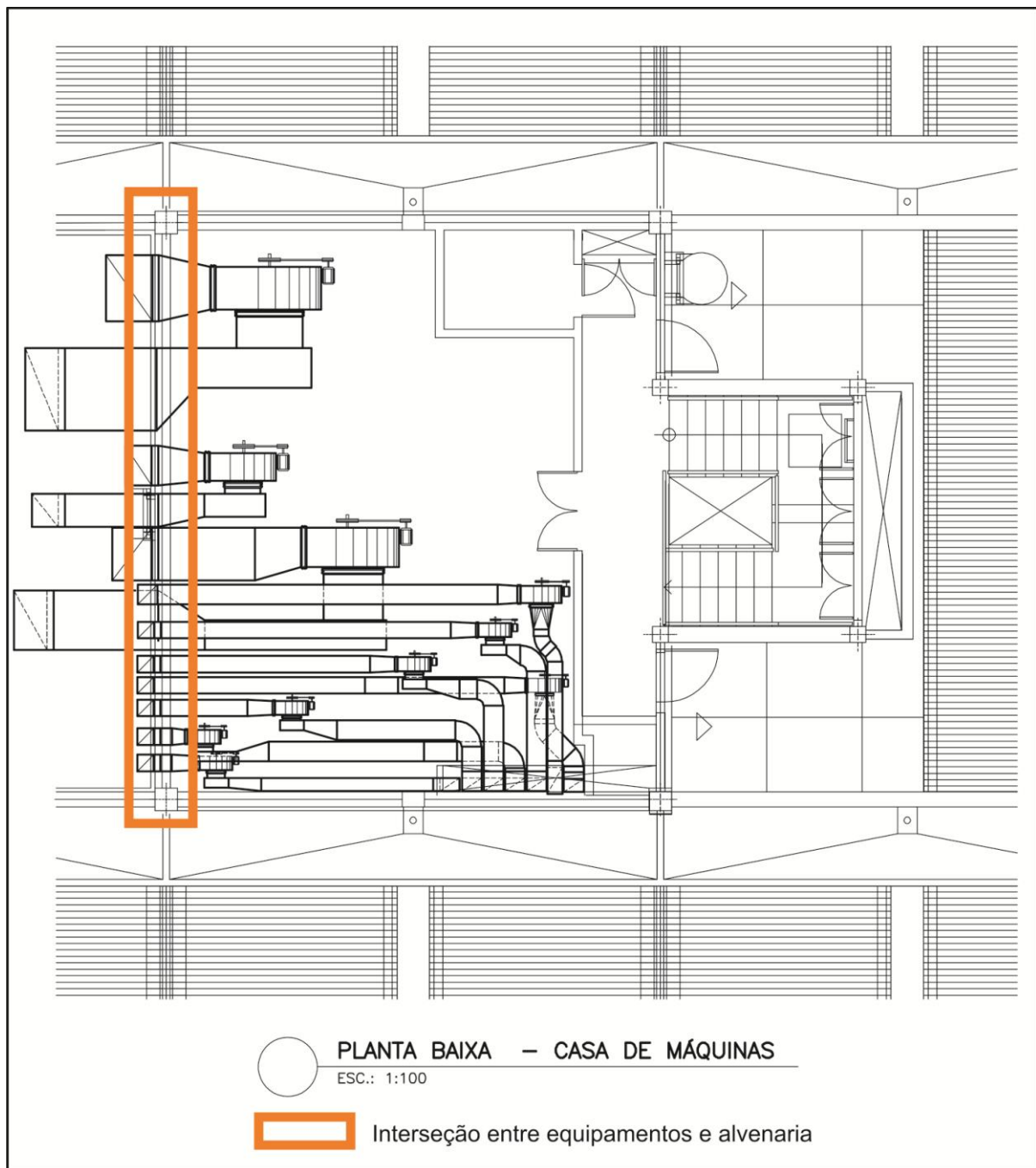
Na elaboração de projetos é necessário que as informações das diferentes especialidades sejam cruzadas para verificar incompatibilidades entre os diferentes sistemas construtivos. A não realização da compatibilização ou a realização desta com ineficiência pode acarretar a falta de previsão de soluções ou a previsão inadequada no momento do projeto. Assim ocorrem improvisações no momento da obra e, na pior das hipóteses e não muito incomum, o desperdício de materiais, o retrabalho, a ineficiência do elemento construído e a maior produção de resíduos.

O estudo a seguir teve seus quantitativos retirados de uma edificação projetada para funcionar como uma instalação industrial do ramo alimentício. O referido prédio possui 2 andares divididos em refeitório, banheiros, área de limpeza de utensílios, preparo de alimentos, cozinha, frigorífico, recebimento e depósito de alimentos, depósito de lixo, compartimentos administrativos e técnicos e ainda um terceiro andar destinado a casa de máquinas. A área total construída é de 3.828,64 m².

Na casa de máquinas, compartimento destinado a equipamentos de suporte a cozinha industrial, foi verificado no momento da realização de compatibilização de projetos, atividade realizada na fase de anteprojeto conforme indicado no subtítulo 3.2.4, a incompatibilidade entre o fechamento deste compartimento técnico, feito através de alvenaria, e a instalação de equipamentos.

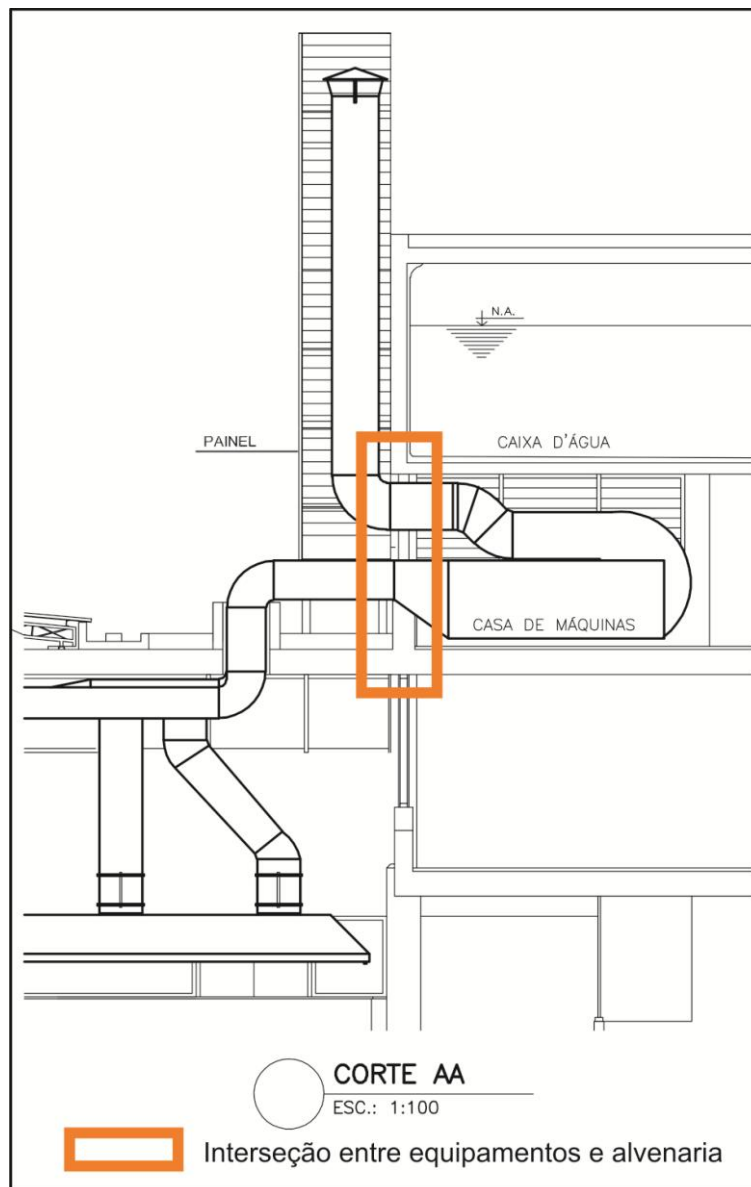
A compatibilização de todo o projeto foi realizada sobrepondo os sistemas construtivos em desenhos de duas dimensões (2D), conforme figuras a seguir:

Figura 12 - Planta baixa esquemática de edificação - indústria alimentícia – 2D.



Fonte: Elaboração própria.

Figura 13 - Corte esquemático de edificação destinada a indústria alimentícia - 2D.



Fonte: Elaboração própria.

Verificou-se a necessidade de prever passagens na alvenaria para os dutos do maquinário. Apesar de o problema ter sido detectado no momento realização do projeto a solução não foi adequada para a execução da obra, como pode ser verificado na foto 01:

Foto 01 - Abertura em alvenaria para passagem de dutos.

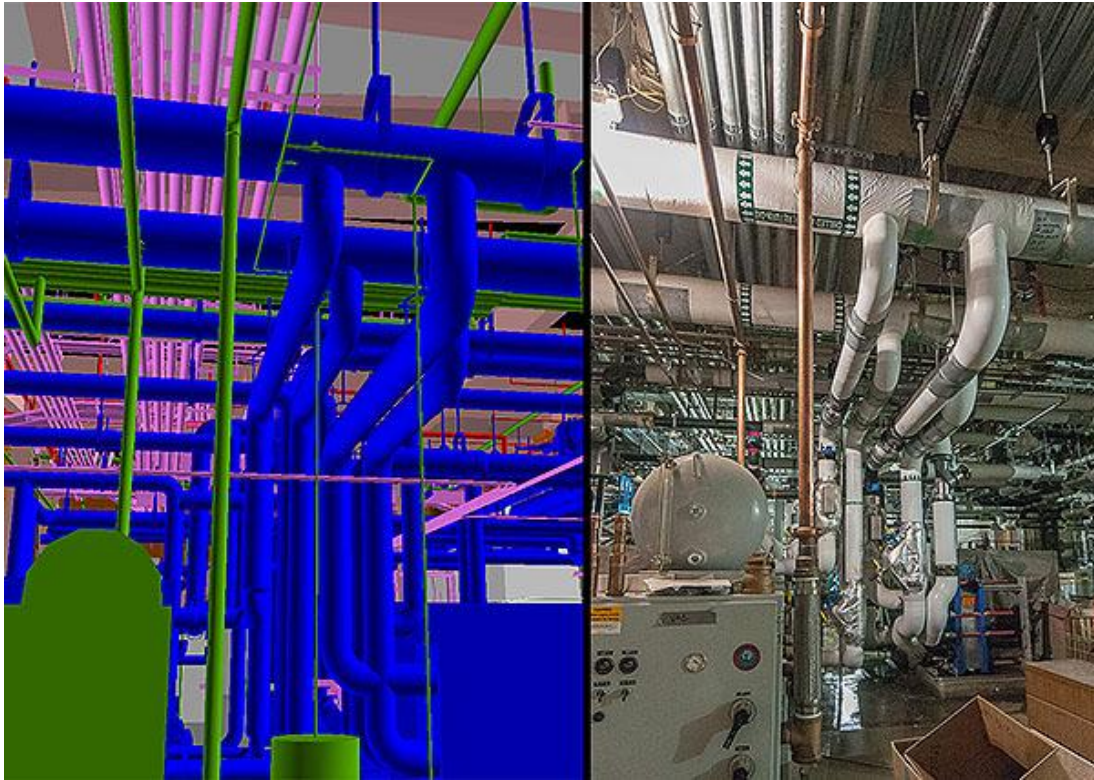


Fonte: Elaboração própria.

Foi avaliado que a realização de aberturas na alvenaria bastaria para a passagem dos dutos para o exterior do prédio. Apesar de ter sido identificado na compatibilização do projeto 2D esta situação, a decisão da realização de aberturas na alvenaria não foi a melhor alternativa, uma vez que foi necessária a abertura quase que completa da parede ocasionando o seu colapso. Neste caso ocorreu equívoco de avaliação, sendo a parede totalmente demolida, o que promoveu a produção de quase 2,00 m³ de resíduos de alvenaria e revestimento.

A solução para esta questão teria sido a não execução da parede em questão. A ineficiência da avaliação poderia ter sido evitada com a utilização de programa com o conceito BIM, explicado no subitem 3.2.2, o qual daria maior clareza à compatibilização de projetos, podendo ter sido descartada a execução total da alvenaria para a passagem dos dutos na concepção do projeto. Abaixo segue exemplo de projeto concebido com este conceito:

Foto 02 - Comparação de imagem de compatibilização com conceito BIM com foto do executado.



Fonte: <http://www.princeton.edu/facilities/info/news/archive/?id=8217>

- CONCLUSÃO EM PARÂMETRO REFERENTE À COMPATIBILIZAÇÃO:

- 1 - Realização de compatibilização de projetos, através de ferramentas que tornem as tomadas de decisões mais claras.

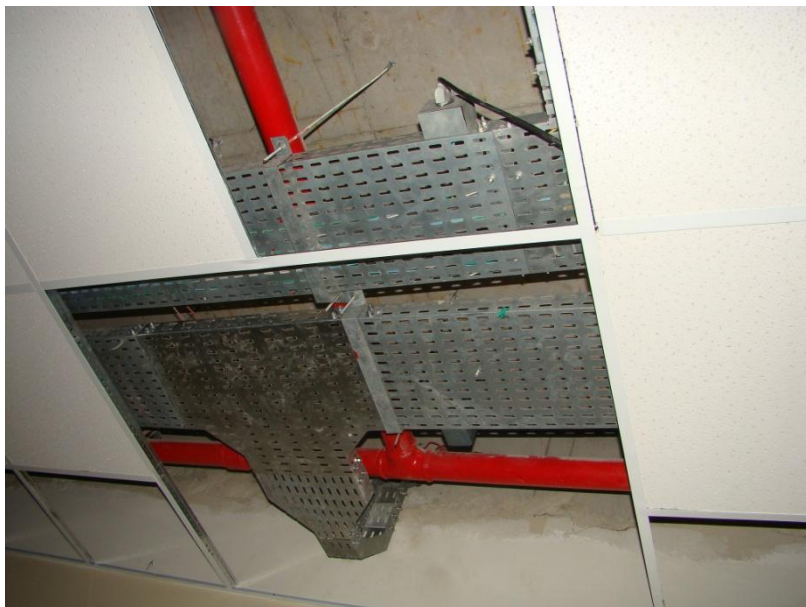
5.3 - CVE: Utilização da edificação – Manutenção

A utilização da edificação coloca em evidência todo o estudo realizado na etapa de projeto. As mudanças, modernizações e reformas são inevitáveis, porém, possíveis de serem previstas em projeto de forma a minimizar demolições.

Para exemplificar como projetos podem influenciar na fácil e adequada manutenção, chegando a produção de resíduos ser quase ausente, seguem imagens de prédio voltado à assistência da mulher contendo recepção, auditórios, salas de atendimento, oficinas, refeitório, cozinha, sala infantil, sala para cursos, sala de informática e áreas administrativas. O prédio em questão possui 2.068,38 m² de área construída, dividido em dois andares e uma cobertura com um volume para caixa d'água e sala técnica.

A foto 03 mostra o fácil acesso a instalações localizadas acima de um forro removível, já a foto 04 destaca a utilização de *shafts*, que são pequenos compartimentos fechados por esquadrias. Segue fotos que exemplificam a preocupação com o acesso às instalações para manutenções:

Foto 03 - Acesso às instalações de lógica, elétrica e incêndio pelo forro.



Fonte: Elaboração própria.

Foto 04 - Acesso às passagens entre pavimentos – *shafts*.



Fonte: Elaboração própria.

A praticidade se faz evidente uma vez que não é necessário quebras e recomposições de revestimentos. No mais, não há perda de tempo na execução de manutenção, a quantidade de mão de obra para diferentes trabalhos se faz reduzida (não se utiliza servente, pedreiro e pintor para demolição e execução de acabamentos) e, conseqüentemente, reduzido o custo da manutenção. Esta prática já é muito utilizada em projetos de prédios diversos, mas para edificações residenciais ou mais simples, com poucos andares, não é muito usual.

- CONCLUSÃO EM RECOMENDAÇÕES REFERENTES À MANUTENÇÃO:

- 1 – Facilitar o acesso para manutenção de sistemas;
- 2 – Visar a pouca ou nenhuma necessidade de quebra para manutenção;
- 3 – Especificar sistemas e instalações flexíveis para manutenção.

5.4 – CVE: Fim de vida – Demolição

No fim da vida da edificação ocorre a demolição. O volume de resíduo produzido por uma demolição, e que na maioria das vezes não é reaproveitado, promove um grande prejuízo ao meio ambiente. Projetos desenvolvidos com pensamento no final de vida da edificação, com a especificação de materiais, instalações e sistemas que possam ser desmontados/demolidos de forma a serem beneficiados ou reaproveitados de alguma forma, são extremamente recentes:

“Realmente os prédios verdes do futuro deverão ser projetados para serem desconstruídos, para maximizar a reutilização e a recuperação de componentes e materiais.” (KIBERT, 2008, p. 240)

Assim, encontrar edifícios a serem demolidos cujos projetos tenham tido algum tipo de parâmetro neste sentido é bem difícil. Com isto, para se chegar a recomendações para conceber visando a demolição será utilizado um exemplo que envolve apenas a edificação, não se avaliando seu projeto.

A edificação em questão é um hospital que tinha originalmente cerca de 220 mil m² de área construída e que foi projetada para ter uma capacidade de 2 mil leitos e atender a práticas do ensino de diversas especialidades médicas. Parte do prédio não foi finalizada, tendo se deteriorado com o tempo e, conseqüentemente demolida. O objetivo foi liberar espaço para novas construções e evitar desmoronamentos – uma vez que o prédio se encontrava em péssimas condições.

O grande problema para a realização desta manobra foi a produção de toneladas de entulho que deveriam receber destinação apropriada e de acordo com a legislação vigente. Foi estimada a produção de 50 mil m³ de entulho, cerca de 125 mil toneladas.

Encontrar um aterro para o depósito deste material seria difícil, não somente pelo volume, mas também pela logística que deveria ser montada para a diminuição dos blocos remanescentes, carga, descarga e transporte. Todo este trabalho de destinação do resíduo

seria oneroso, não só financeiramente, mas também por atrapalhar a rotina dos usuários das vias e prédios do entorno. Em virtude destas questões chegou-se a solução da venda do material a ser demolido para uma empresa especializada em beneficiamento, realizando a transformação do material no próprio local da demolição. Segundo BARROS *apud* MACHADO *et al.* (2005), o custo por metro cúbico de agregado reciclado é aproximadamente 20% do custo do agregado natural, sendo um atrativo financeiro para a utilização do agregado beneficiado.

A maior parte do material existente no prédio era alvenaria, concreto armado e revestimentos como cerâmica da fachada e emboço, apropriados para serem beneficiados transformando-os em agregados, argamassas, blocos e vergalhões. O processo para o reaproveitamento dos resíduos inicia-se pelo desmonte da edificação, que consiste em retirar elementos como telhas e madeiramento da cobertura, esquadrias, forros, divisórias, louças, enfim, todo o material que pode ser retirado separadamente, evitando misturas. A especificação, na etapa de projetos, de materiais de fácil desmonte e reutilizáveis é primordial para uma demolição o mais sustentável possível. A alvenaria, revestimentos e o concreto passaram por um processo de demolição propriamente dito.

Primeiramente é necessário a retirada manual de materiais do prédio, mas neste caso, não foi necessário um grande trabalho, pois o prédio não tinha a totalidade dos materiais previstos em projeto, não contendo muitos materiais a serem retirados previamente à demolição.

Após a implosão do prédio iniciou-se o trabalho de beneficiamento do entulho. Blocos grandes de concreto armado foram quebrados para a retirada dos vergalhões e para que fossem reduzidos, assim, foi possível a colocação dos blocos menores nas máquinas para a transformação destes em agregado.

As máquinas que trituram o concreto são ajustadas para formarem materiais com a granulometria adequada ao uso a que serão destinados. Neste caso, o agregado foi

beneficiado para a realização de terraplenagem. Ensaios laboratoriais foram realizados para garantir a resistência e a qualidade necessária ao serviço a que foi destinado o material.

Esta atitude possibilitou que este grande montante de material não fosse disposto no meio ambiente, além de ter gerado renda tanto à entidade que vendeu o entulho, quanto à empresa que o beneficiou. Todo o material beneficiado foi reutilizado na construção civil. Seguem fotos da sequência de demolição descrita acima:

Foto 05 - Blocos grandes, material inapropriado para entrar nos equipamentos.



Fonte: Elaboração própria.

Foto 06 - Blocos já reduzidos, separação dos vergalhões do concreto a ser beneficiado.



Fonte: Elaboração própria.

Foto 07 - Produção de agregados de diferentes granulométricas.



Fonte: Elaboração própria.

Foto 08 - Produto do beneficiamento – agregado com granulometria reduzida.



Fonte: Elaboração própria.

Foto 09 - Produto do beneficiamento – agregado com granulometria maior.



Fonte: Elaboração própria.

- CONCLUSÃO EM RECOMENDAÇÕES REFERENTES À DEMOLIÇÃO:

- 1 – Especificar materiais, instalações e sistemas de fácil desmontagem;
- 2 - Especificar materiais e sistemas produzidos por reciclagem, beneficiamento ou reaproveitar materiais provenientes de desmontes/demolições (reutilização).

6 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 – Resumo da dissertação

A questão central da dissertação em tela é a redução da produção dos resíduos sólidos da construção civil através da concepção do projeto arquitetônico, visando à redução dos impactos ao meio ambiente.

Inicialmente foi feito um apanhado histórico e conceitual relativo à construção civil e à sustentabilidade. Para demonstrar o encontro da construção civil com este recente conceito foi delineado o progredir temporal da arquitetura, apontando alguns de seus principais movimentos e as questões que as permeavam, chegando à arquitetura sustentável.

O projeto arquitetônico teve sua devida ênfase: foram expostos os diferentes conceitos para projeto e a influência do projeto (gráfico) na edificação. A arquitetura sustentável foi relatada focando a utilização de diferentes metodologias para aplicação de questões sustentáveis aos projetos, destacando a utilização de Selos/Certificações e de ecodados. A utilização de dados e parâmetros adequados para a redução dos resíduos é um ponto importante para se atingir este objetivo.

As diferentes etapas do Ciclo de Vida da Edificação – CVE (construção, utilização e fim de vida) - possuem suas peculiaridades que devem ser pensadas no desenvolvimento da etapa de projeto. Assim, utilizando-se da padronização da AsBEA para o desenvolvimento da etapa de projetos, foram apontadas suas diferentes fases destacando a importância da definição das premissas mais abrangentes, que influenciam na elaboração de uma edificação sustentável, logo na primeira fase da concepção arquitetônica. A redução de resíduos deve ter destaque no início da concepção do projeto arquitetônico a partir da elaboração do programa de necessidades.

É importante o conhecimento da composição dos resíduos sólidos para a tomada de atitudes adequadas, com isto, foi exposto a classificação dos resíduos e o conceito de impacto ambiental. A fonte dos resíduos de construção são os materiais empregados na

edificação provenientes de diferentes sistemas construtivos e instalações, a partir disto, foi feita uma descrição sobre a produção de resíduos através dos materiais de construção ao longo do CVE.

Foi relatado também que o projeto de arquitetura é um instrumento contundente para a destinação dos entulhos, uma vez que, durante a concepção, podem ser especificados materiais beneficiados, reciclados e reutilizados, contribuindo com a diminuição do volume de resíduos dispersos no meio ambiente.

O Capítulo 05 foi destinado ao estudo de casos apresentando-se a determinação desta metodologia, devido às características contemporâneas e exploratórias de experiências profissionais, delineando-se o plano de pesquisa e os próprios casos, separados por etapas do CVE.

Através dos estudos de caso e das referências bibliográficas utilizadas ao decorrer desta dissertação, chegou-se a recomendações elencadas para serem consideradas logo na primeira etapa do CVE, a concepção do projeto arquitetônico, fomentando a redução de resíduos sólidos.

6.2 – Questionamentos chaves e proposições

Para delinear recomendações com o objetivo de conceber projetos com qualidade na redução de resíduos sólidos, verificando projetos e obras vivenciados pela autora da dissertação, foi necessária a determinação da metodologia de pesquisa, a delimitação desta e a determinação dos eventos a serem analisados.

Para estas definições foram elaborados questionamentos chaves e proposições. A primeira questão exposta foi o porquê de o projeto arquitetônico poder determinar uma maior ou menor quantidade de resíduos produzidos em cada etapa do CVE.

Conforme consta no Capítulo 03, Projeto é a representação da criatividade na resolução de um problema, determinando e representando previamente a edificação. O projeto arquitetônico como a primeira atividade a ser realizada do CVE representa não apenas o planejamento arquitetônico, mas também planejamento das etapas subsequentes do CVE. Assim, a concepção do projeto arquitetônico exerce influência direta na produção de resíduos sólidos, tendo como essência o planejamento, a previsão e a definição.

A influência do projeto de arquitetura na redução da produção de resíduos e o que pode ser feito para se atingir este objetivo são duas questões complementares. Havendo o conhecimento das causas da produção de resíduos sólidos durante todo o CVE é possível o planejamento para a diminuição ou para evitar que isto aconteça. A definição das proposições para a realização desta dissertação é um exemplo.

É importante a utilização de metodologias que possibilitem a obtenção de dados e informações adequados para a concepção de projetos, conforme exemplos constantes no Capítulo 03, mais especificamente no subitem 3.2.2 - Abordagem sustentável no projeto arquitetônico.

A identificação de boas práticas em projetos já concebidos, ou de práticas errôneas ou ineficientes, transformou-se em recomendações para tornar projetos futuros em edificações mais limpas de sólidos no decorrer de seu ciclo. Esta é a intenção principal do

trabalho em tela. Assim, foram utilizados os estudos de casos para analisar projetos e obras listando-se recomendações para concepções arquitetônicas de novos projetos.

Para a elaboração das recomendações deste trabalho foram listadas as seguintes proposições: Canteiros de obras mal planejados; Escolha de materiais de construção inadequados; Erros de projetos; Sistemas e instalações de difícil manutenção e Demolições.

Estas proposições foram utilizadas tanto para a escolha dos eventos e projetos que foram analisados em cada CVE quanto para elencar as recomendações. Seguem, no próximo subitem, as recomendações extraídas dos casos e das bibliografias expostas nesta dissertação.

6.3 – Recomendações para a elaboração de projetos arquitetônicos

Para que o projeto de arquitetura seja influenciador na redução dos resíduos sólidos na construção civil, ao final de cada caso exposto no Capítulo 05, foram elencadas em tópicos recomendações para serem verificadas na concepção do projeto. Seguem abaixo todas as recomendações: tanto recomendações gerais retiradas das bibliografias apresentadas no decorrer desta dissertação, como as específicas aos casos.

Como recomendação geral para concepção os projetistas devem considerar a redução da produção de resíduos como uma das premissas sustentáveis a serem aplicadas no projeto, no mesmo nível de importância dos demais conceitos já comumente utilizados (conforto, economia de energia, economia de água, reuso, custo, etc.). Os conceitos para a redução de resíduos devem ser considerados logo na primeira fase de concepção de projetos, estando bem definidas no programa de necessidades, uma vez que, quanto mais avançada e conseqüentemente complexa é a fase, mais difícil e comprometedor se torna qualquer mudança. Esta questão foi exposta no Capítulo 3, sobre Projetos, mais especificamente no subitem 3.2.3 - Fases do desenvolvimento de projetos arquitetônicos.

Para que conceitos de redução de resíduos estejam bem caracterizados no programa de necessidades é importante que sejam estabelecidas metas, o que não é comumente feito para resíduos sólidos. Como exemplo de meta, de um conceito normalmente considerado no programa de necessidade, pode ser citada a determinação da porcentagem que se pretende economizar de água quando da utilização de um sistema de reuso de água. A partir desta porcentagem meta é possível a realização de cálculos e a definição de todo o sistema a ser utilizado.

Para a redução de resíduo isto é possível com a o desenvolvimento e utilização de ecodados e de ferramentas que mensurem a produção de resíduos, possibilitando e facilitando a tomada de decisão durante a elaboração do projeto. Estas questões encontram-se no subitem 3.2.2 - Abordagem sustentável no projeto arquitetônico.

Recomendação geral importante é a especificação de materiais e sistemas que não produzam, ou que produzam pouco resíduos sólidos. Esta questão deve ser verificada logo na fabricação. Isto é muito difícil de ser visto uma vez que seria necessário o fornecimento de informações claras, por parte dos fabricantes, da utilização de matéria prima e a quantidade de material não aproveitado.

Outros pontos a serem considerados no processo de especificação é a utilização de materiais com menor desperdício quando do transporte para o local da obra - dando preferência a materiais locais - a escolha de materiais resistentes, adequados ao uso, de fácil manutenção e aplicação. Estes conceitos encontram-se no Capítulo 4, sobre resíduos sólidos, no subitem 4.2 - Materiais de construção.

Projetar visando as diferentes etapas do CVE e a elaboração de projetos gráficos de qualidade, garantindo o bom entendimento quando da construção, também são recomendações gerais importantes não apenas para a redução da produção de resíduos sólidos, mas também possibilita uma qualidade maior na execução da construção como um todo. Estes conceitos aparecem ao longo do Capítulo 3, sobre Projetos.

As recomendações específicas foram retiradas de cada caso, de acordo com a organização constante no quadro 05, relacionando os eventos de acordo com cada etapa do CVE.

Começando com as recomendações para o Canteiro de Obras, subitem 5.2.1, tem-se o projetá-lo de acordo com a realidade de construção da edificação, evitando retrabalho e desperdícios, aproveitando ao máximo os barracões do canteiro. O planejamento de áreas específicas para depósito de materiais e trabalho de apoio à obra, como confecção de armações e formas, impede a mistura de materiais e perdas desnecessárias. A circulação adequada, tanto para a chegada de materiais para armazenamento, quanto para a retirada destes para a utilização na obra, necessita de planejamento apropriado para evitar perdas de materiais. Prever no projeto do canteiro área específica para armazenamento,

separação e retirada da obra dos resíduos da construção é outro ponto de destaque para a não contaminação do meio ambiente por resíduos sólidos: reutilizando-se alguns materiais na própria obra e dando destino adequado aos demais resíduos.

No caso referente a Perdas Inerentes a Serviços, subitem 5.2.2, foi demonstrado que é imprescindível a pesquisa e avaliação de índices de desperdícios de cada serviço, para a especificação de materiais. Foi apresentada a importância de se escolher materiais que não necessitem, ou que necessitem pouco, de bases, rejuntamentos ou acabamentos. Quanto menor a variedade de materiais utilizados em um sistema construtivo, menor a quantidade de resíduos produzidos. Neste caso também foi destacada a elaboração de projetos flexíveis, possibilitando mudanças de compartimentos e expansões com a menor produção de resíduos possível.

Ainda no âmbito das consequências quando da construção, no caso sobre Erro Ocorrido Durante a Elaboração de Projeto – subitem 5.2.3, foi vista a necessidade da realização de compatibilização de projetos, através de ferramentas que tornem as tomadas de decisões mais claras.

Para caracterizar a redução de resíduos, pensando a etapa de utilização da edificação na elaboração de projetos, subitem 5.3, foi verificado a importância de facilitar o acesso para manutenção, visando a pouca ou nenhuma necessidade de quebra para a realização desta. Para isto devem ser especificados materiais, sistemas e instalações flexíveis, de fácil desmontagem.

O último caso se refere à etapa de Fim de Vida da Edificação e demonstra o pensar, no conceber arquitetônico, sobre o grande volume de resíduos sólidos produzidos na demolição. Especificar materiais e sistemas produzidos por reciclagem, beneficiamento ou reaproveitar materiais provenientes de desmontes/demolições (reutilização), são questões a serem abordadas no projetar que colocam o profissional como agente importante para a retirada de resíduos sólidos do meio ambiente. Forma-se um ciclo para a não dispersão de

materiais de construção onde o projetista deve se preocupar em especificar tanto para possibilitar a adequada destinação final dos materiais quanto para retirar materiais de construção do meio ambiente.

6.4 - Sugestões de trabalhos futuros e conclusão

Devido à dificuldade de obtenção de dados e informações relativos à produção de resíduos, e a outros tópicos de arquitetura sustentável, necessários à realização de projetos arquitetônicos, seguem sugestões para trabalhos futuros (artigos, dissertações, entre outros):

- Criação de metodologia de certificação adequada à realidade brasileira, tendo como base as certificações internacionais já aplicadas no Brasil;
- Estudo de ecodados: criação de ecodado relativo à produção de resíduos da edificação, estabelecendo seu conceito, mensuração e parâmetros;
- Aplicação do conceito BIM e a sustentabilidade na construção civil.

Apesar da dificuldade na obtenção de informações, os profissionais projetistas devem estar atentos para a aplicação de conceitos sustentáveis aos projetos e, com isto, pressionar todos os atores (população, governo, iniciativa privada, e outros).

Os impactos ambientais já provocados pelos resíduos sólidos da construção civil devem ser absorvidos, assim como deve ser diminuída a ocorrência de novos impactos. Torna-se evidente a importância do projeto arquitetônico: tanto para a retirada dos resíduos do meio ambiente (com a reaplicação destes nas construções), quanto na diminuição da produção de resíduos, especificando materiais e sistemas com baixa ou nenhuma produção de resíduos.

7 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASHBY, M. F., 2009, ***Materials and the Environment: Eco-informed Material Choice***, 2ª ed., Elsevier, Oxford, USA.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA, 2000, **Manual de Contratação dos Serviços de Arquitetura e Urbanismo**, ASBEA, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1994, **NBR 6492: Representação de projetos de arquitetura**, Rio de Janeiro: ABNT, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações – Atividades técnicas**, ABNT, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2000, **NBR 13531: Elaboração de projetos de edificações – arquitetura**, ABNT, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, **NBR 14001: Sistemas de gestão ambiental - Especificação e diretrizes para uso**, ABNT, Rio de Janeiro.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1996, **NBR 14004: Sistemas de gestão ambiental - Diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio**, ABNT, Rio de Janeiro.
- BARROS M. C, 2005, **Avaliação de um resíduo da construção civil beneficiado como material alternativo para sistema de cobertura**. Dissertação de M.Sc., Engenharia Civil - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- CARNEIRO, A. P., **Reciclagem de entulho para a produção de materiais de construção – Projeto Entulho Bom - Salvador**, EDUFBA, Caixa Econômica Federal, 312p. 2001.

- CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, 2002, **Resolução Nº 307: diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil**, CONAMA.
- COSTA, L. (1995), **Considerações sobre arte contemporânea (1940)**. Lúcio Costa, **Registro de uma vivência**, Empresa das Artes, São Paulo.
- DEGANI, C.M., CARDOSO, F. F., 2002, **A sustentabilidade ao longo do ciclo de vida de edifícios: a importância da etapa de projeto arquitetônico**, In: NUTAU, Sustentabilidade, arquitetura e desenho urbano, São Paulo. Disponibilizado em: <<http://docentes.pcc.usp.br/fcardoso/Nutau%202002%20Degani%20Cardoso.pdf>>. Acesso em 15 de maio de 2012.
- FINANCIADORA DE ESTUDOS E PROJETOS – FINEP, UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - USP, **Pesquisa Alternativas para a redução de desperdício de materiais no canteiro de obras**. Disponível em: <<http://perdas.pcc.usp.br/>>. Acesso em 14 de janeiro de 2013.
- GONÇALVES, J. C., DUARTE, D. H. S., 2006. **Arquitetura sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. In: ANTAC, UFRGS, Porto Alegre. Disponibilizado em: <<http://www.antac.org.br/publicacoes>>. Acesso em 28 de novembro de 2013.
- *GREEN BUILDING COUNCIL BRASIL – GBCBRASIL*, **Materiais e Recursos**. Disponível em: <<http://gbcbrasil.org.br/?p=certificacao>>. Acesso em: 15 novembro 2013.
- ISOLDI, R., SATTLER, M. A., GUTIERREZ, E., 2006, **Tecnologias inovadoras visando a sustentabilidade: um estudo sobre inovação, técnica, tecnologia e sustentabilidade em arquitetura e construção**. In: NUTAU, Seminário Internacional sobre inovações tecnológicas e sustentabilidade, São Paulo.

- KIBERT, C. J. 2008, ***Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery***, 2ª ed., John Wiley & Sons, New Jersey, EUA.
- MANZINI, E., VEZZOLI, C. 2008a, **Design for environmental sustainability**, Springer
- MANZINI, E., VEZZOLI, C. 2008b, **O desenvolvimento de produtos sustentáveis – os requisitos ambientais dos produtos industriais**, 1ª ed., USP, São Paulo.
- MARQUES, F. M, 2007, **A importância da seleção dos materiais de construção para a sustentabilidade**, Dissertação de M.Sc., FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- MELHADO, S.B., 2001, **Gestão, cooperação e integração para um novo modelo voltado à qualidade do processo de projeto na construção de edifícios**, Tese de D.Sc., Escola Politécnica da USP, São Paulo, SP, Brasil.
- MINISTÉRIO DO TRABALHO, 2002, **NR 18: Condições e meio ambiente de trabalho na indústria da construção**. MTE. Disponível em: <<http://www.mte.gov.br>>. Acesso em: 03 de julho de 2013.
- MORAES, J. C. T. B., 2005, **500 Anos de Engenharia no Brasil**, EDUSP, São Paulo.
- NAVEIRO, R. M. *et al.*, 2008, **Introdução à Engenharia de Produção**, 2ª ed., Elsevier Campus, São Paulo.
- NAVEIRO, R. M., 2009, **Projeto do Produto**, 1ª ed., Elsevier Campus, São Paulo.
- NAVEIRO, R. M., OLIVEIRA, V., 2001, **O projeto de engenharia, arquitetura e desenho industrial**, UFJF, Minas Gerais.
- NAVEIRO, R. M., 2011, **Knowledge Management in Product Design: The Baja Project**, In: *21st International Conference on Production Research*.

- NETO, J. C. M., 2004, **Gestão dos resíduos de construção e demolição no Brasil**. 1ª ed., Rima.
- NUNES, R. C. P., 2004, **O desenvolvimento colaborativo de projetos de engenharia e arquitetura apoiado por um gerenciador de documentos**. Tese de D.Sc., Engenharia de Produção - COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- OLGAYAY, V., 2010, **Arquitectura y Clima. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas**. Gustavo Gili S.A, Barcelona, ESP.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, 1991, **Relatório de Brundtland – Nosso Futuro Comum**, 2ª ed, FGV, Rio de Janeiro, RJ.
- PACHECO, T.C., 2011, **Diagnóstico da gestão de resíduos na construção civil – comparação de obras no Rio de Janeiro visando a certificação LEED e obras sem certificação**. Tese de M.Sc., Engenharia Civil/UERJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- PMBOK, 2008, **Um guia do conhecimento em gerenciamento de projetos**, 4ª ed, *Project Management Institute*, Pennsylvania – EUA.
- PONCE, A. R., 2002, **Casa primitiva por Claude Perrault a partir da descrição de Vitruvio**. Disponível em: <http://www.vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/02.024/780/pt>. Acesso em: 21 de agosto de 2012.
- PORTHUN, R., NAVEIRO, R. M., DUARTE, F. J. C. M., 2011, **Boundary objects in offshore platform design: the connections between individual and collective dimensions**. *Product (IGDP)*, v. 9, p. 145-156.
- PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO, SISTEMA DE CUSTOS DE OBRAS DA PREFEITURA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO – SCO/RJ, **Catálogo de itens SCO/RJ**. Disponível em: <http://www2.rio.rj.gov.br/sco/>. Acesso em 21 de agosto de 2013.

- PREFEITURA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO – PU/RJ.
Disponível em: < <http://www.prefeitura.ufrj.br>>. Acesso em 14 de julho de 2013.
- PRINSTON UNIVERSITY, **How Building Information Modeling (BIM) Improves the Design and Construction Process**. Disponível em: <http://www.princeton.edu/facilities/info/news/archive/?id=8217>. Acesso em 10 de junho de 2013.
- ROZENFELD, H. *et al.*, 2006, **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**, Saraiva, São Paulo.
- SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO – SINDUSCON/SP, **Resíduos da Construção Civil e o Estado de São Paulo**. Disponível em: <http://www.sindusconsp.com.br/msg2.asp?id=3243>. Acesso em: 24 de setembro de 2013.
- TIDD, J. *et al*, 2008, **Gestão da Inovação**, 3ª ed., Bookman.
- U.S. GREEN BUILDING COUNCIL, **Leadership in Energy and Environmental Design – LEED**. Disponível em: <<http://www.usgbc.org/leed/rating-systems>>. Acesso em: 15 novembro 2013.
- YIN, K, Robert, 2010, **Estudo de caso: planejamento e métodos**, 4ª ed., Bookmed , São Paulo.
- ZAMBRANO, L.M.A., **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura**, Tese de D.Sc., FAU/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2008.
- ZAMBRANO, L. M. A. *et al*, **Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura**, Artigo, UFJF. Disponível em: <www.ufjf.br/gees/files/2010/04/NUTAU-2008.pdf>. Acesso em: 15 de maio de 2012.

ANEXO 1 - Documentos deliberados pelo Comitê LEED - Materiais e Recursos



Green Building Council Brasil

Al. Rio Negro, 585
Edifício Jaçari - Conj.93 - Alphaville
Barueri - SP - 06455-020
Tel./fax: (11) 4191-7805
www.gbcbrasil.org.br

Comitê LEED - Materiais e Recursos(MR)
Assunto: Nova Performance Exemplar e
requisito legal

Materiais Regionais

SS	WE	EA	MR	EQ	ID
Credito 5.2					

20% Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente

1 Ponto

Intent (Objetivo)

Aumentar a demanda de materiais para a construção do empreendimento que sejam extraídos e manufaturados regionalmente. Desta forma, estimular o desenvolvimento regional e reduzir os impactos ambientais gerados com transporte de materiais localizados em regiões de longa distância.

Requirements (Requisitos)

Utilizar materiais de construção que tenham sido extraídos, recuperados ou manufaturados em um raio de 800 km de distância do local do empreendimento. O uso de no mínimo 20% destes materiais contribui para a obtenção do crédito.

Apresentação obrigatória da licença ambiental dos fornecedores de minérios de areia, saibros e britas, assim como a apresentação do DOF (Documento de Origem Florestal) junto a Nota Fiscal na compra de madeiras brutas incorporadas ou não incorporadas ao empreendimento.

Potential Technologies & Strategies (Potencial Tecnológico e Estratégias)

Estabelecer os materiais que serão utilizados no empreendimento e identificando aqueles que possibilitam a obtenção do crédito. Durante a construção deve-se garantir que os mesmos sejam instalados e quantificados conforme previsto.

Exemplary Performance (Performance Exemplar)

Quando o calculo de materiais, extraídos e manufaturados regionalmente para a construção, ultrapassar 40% do volume total utilizado no empreendimento, será creditado o ponto extra; ou ainda, para aqueles localizados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, quando adquirido o credito ou MRc5.2 será creditado ponto extra devido a baixa concentração de oferta de produtos da construção civil nessas regiões.

Summary of Reference Standart (Sumário e Referencia de Normas)

Não existe sumário e referencia de normas para este crédito.

Justificativa para inclusão do crédito

O Brasil possui distintas características produtivas regionais em função da sua dimensão continental, assim sendo, as regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste não possuem um parque industrial abrangente que permita com facilidade a obtenção do crédito MRc5.2.



Green Building Council Brasil

Al. Rio Negro, 585
Edifício Jaçari - Conj.93 - Alphaville
Barueri - SP - 06455-020
Tel./fax: (11) 4191-7805
www.gbcbrasil.org.br

Comitê LEED - Materiais e Recursos(MR)
Assunto: Nova Performance Exemplar
e requisito legal

Materiais Regionais

SS	WE	EA	MR	EQ	ID
Credito 5.1					

10% Extraído, Processado e Manufaturado Regionalmente

1 Ponto

Intent (Objetivo)

Aumentar a demanda de materiais para a construção do empreendimento que sejam extraídos e manufaturados regionalmente. Desta forma, estimular o desenvolvimento regional e reduzir os impactos ambientais gerados com transporte de materiais localizados em regiões de longa distância.

Requirements (Requisitos)

Utilizar materiais de construção que tenham sido extraídos, recuperados ou manufaturados em um raio de 800 km de distância do local do empreendimento. O uso de no mínimo 10% destes materiais contribui para a obtenção do crédito.

Apresentação obrigatória da licença ambiental dos fornecedores de minérios de areia, saibros e britas, assim como a apresentação do DOF (Documento de Origem Florestal) junto a Nota Fiscal na compra de madeiras brutas incorporadas ou não incorporadas ao empreendimento.

Potential Technologies & Strategies (Potencial Tecnológico e Estratégias)

Estabelecer os materiais que serão utilizados no empreendimento, identificando aqueles que possibilitam a obtenção do crédito. Durante a construção deve-se garantir que os mesmos sejam instalados e quantificados conforme previsto.

Exemplary Performance (Performance Exemplar)

Quando o calculo de materiais, extraídos e manufaturados regionalmente para a construção, ultrapassar 40% do volume total utilizado no empreendimento, será creditado o ponto extra; ou ainda, para aqueles localizados nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, quando adquirido o credito ou MRc5.1 será creditado ponto extra devido a baixa concentração de oferta de produtos da construção civil nessas regiões.

Summary of Reference Standart (Sumário e Referência de Normas)

Não existe sumário e referencia de normas para este crédito.

Justificativa para inclusão do crédito

O Brasil possui distintas características produtivas regionais em função da sua dimensão continental, assim sendo, as regiões Norte, Centro-Oeste e Nordeste não possuem um parque industrial abrangente que permita com facilidade a obtenção do crédito MRc5.1.



Green Building Council Brasil

Al. Rio Negro, 585
Edifício Jaçari - Conj.93 - Alphaville
Barueri - SP - 06455-020
Tel./fax: (11) 4191-7805
www.gbcbrasil.org.br

Comitê LEED - Materiais e Recursos (MR)

Assunto: Novo Crédito MR 3.3

Projetar para o Desmonte

SS	WE	EA	MR	EQ	ID
Crédito 3.3					

Intent (Objetivo)

1 Ponto

Facilitar o aproveitamento futuro de materiais, diminuindo o impacto gerado e energia necessária para seu reuso.

Requirements (Requisitos)

Utilização de projetos modulares e sistemas desmontáveis. Para este crédito, a desmontagem dos componentes destes sistemas não deverá gerar novo resíduo. O potencial de reuso deverá ser comprovado em projeto e memorial descritivo. Para a obtenção do crédito será necessário a adoção de pelo menos 3 das estratégias abaixo.

Potential Technologies & Strategies (Potencial Tecnológico e Estratégias)

Estabelecer o objetivo de desmontagem futura desde o início do projeto, considerando que as estratégias escolhidas deverão representar pelo menos 80% do total deste item na obra.

- Modularidade / repetição: dimensionamento em medidas facilmente reaproveitáveis em novos projetos e de uso comercial
- Modo de aplicação / fixação: estruturas metálicas parafusadas e não soldadas, esquadrias fixadas com parafusos ao invés de chumbadas, uso de contra marcos, etc.
- Estruturas de Concreto pré-moldadas ou pré-fabricadas;
- Vedações deverão ser utilizadas divisórias reaproveitáveis e removíveis, blocos modulares, etc.;
- Pavimentações e pisos externos deverão ser utilizados pavimentos Intertravado e ou removíveis;
- Fachadas deverão ser constituídas por elementos removíveis;
- Forros deverão ser utilizados forros removíveis;

OBS. Paredes dry-wall não valem devido a dificuldade em reaproveitar estes materiais após seu acabamento final.

Documentação

Deverá ser apresentado uma auto declaração com memorial e documentação de comprovação da utilização das estratégias adotadas no empreendimento.

Exemplary Performance (Performance Exemplar)

Não haverá.

Summary of Referenced Standart (Sumário e Referência de Normas)

Serão adotadas normas específicas para cada tipo de material sugerido acima.

Justificativa para inclusão do crédito

Este crédito visa fomentar a criação do mercado de materiais de reuso no Brasil.



Green Building Council Brasil

Al. Rio Negro, 585
Edifício Jaçari - Conj.93 - Alphaville
Barueri - SP - 06455-020
Tel./fax: (11) 4191-7805
www.gbcbrasil.org.br

Comitê LEED - Materiais e Recursos (MR)
Assunto: Novo Crédito MR 2.3

Gestão de Resíduo – Limitar a geração de resíduos em 10%

SS	WE	EA	MR	EQ	ID
Crédito 2.3					

1 Ponto

Intenção

Diminuir a demanda por recursos naturais e conseqüentemente, a degradação ambiental, evitando-se o desperdício na obra e reduzindo a geração de resíduos.

Requisitos

Limitar a geração de resíduos na obra em, no máximo, 10%. A massa do materiais projetados deverá ser calculado e documentado. Os resíduos deverão contabilizar no máximo, 10% do total da massa de materiais adquiridos para a mesma.

Estratégias

Reduzir o consumo de materiais de construção na obra através da racionalização dos projetos, evitando o super dimensionamento dos espaços e de sistemas estruturais. Reduzir áreas de circulação e conceber espaços de múltiplo-uso, onde possível, de modo a reduzir a ociosidade e a construção de outros espaços específicos. Preferir projetos modulados para melhor aproveitamento dos componentes de construção.

Desenvolver projeto de racionalização de fôrmas e alvenaria e projeto de paginação de piso, paredes e forro, de forma a evitar recortes e desperdício. Projetos de alvenaria devem contemplar a modulação do material local ou especificado para suprimentos. Redimensionar ambientes, se necessário, para acompanhar a modulação dos acabamentos. Preferir acabamentos monolíticos em ambientes irregulares.

Desenvolver a atualização e qualificação profissional da mão de obra, incorporando a responsabilidade individual na otimização dos materiais através da instalação adequada dos mesmos e na redução e separação adequada dos resíduos gerados.

Documentação

- Apresentar base line de massas da edificação para os materiais indicados: Alvenaria, concreto, aço e argamassas.
- Apresentar memorial justificativo das soluções utilizadas.
- Apresentar Qualificação e Certificação de mão de obra (mestre de obras e encarregados) seguindo os preceitos estabelecidos pela norma brasileira ABNT/CEE 00:001.90 - Qualificação e Certificação de Pessoas no Processo Construtivo para Edificações.
- Apresentar cálculos da massa do material projetados para a obra e a massa dos resíduos gerados, demonstrando a geração de no máximo, 10% dos resíduos da obra.

Fonte: GBCBRASIL, 2013

ANEXO 2 - Composições de custos – exemplos de coeficientes de materiais por serviço

Item de Serviço	AL 05.25.0103 (/)	Mês/Ano de Referência	10/2013
Descrição	Alvenaria de blocos de concreto (10x20x40)cm, com argamassa de cimento e areia no traco 1:8, em paredes com vaos e arestas de meia vez (0,10m), de 3m a 4,50m de altura, e medida pela area real.		
Custo	54,36	Und. de Medida	m2
Data da Criação	07/2003	Data da Exclusão	___/____

Item Elementar	Antigo	Item Reutilizado	Descrição	Und. de Medida	Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Parcial R\$
MAT013700	016400		Bloco de concreto prensado, de (10x20x40)cm	un	15,00000000	1,40	21,00
MOD002150	805000		Pedreiro - assentamento de tijolo, bloco de concreto, servicos de lancamento de concreto	h	1,40000000	12,50	17,50
MOD002450	805700		Servente	h	1,40000000	9,13	12,78
EVE000050	900050		3% incidente sobre mao de obra direta com Encargos Sociais para cobrir despesas de EPI e ferramentas	%	1,00000000	30,28	0,91
RSE001750	007800	RV 05.10.0071(A)	Argamassa de cimento e areia, no traco 1:8	m3	0,01000000	216,80	2,17

Item de Serviço	IT 25.04.0056 (A)	Mês/Ano de Referência	10/2013
Descrição	Eletroduto de PVC rigido, diametro de 1", inclusive conexoes e emendas, exclusive abertura e fechamento de rasgo. Fornecimento e instalacao.		
Custo	5,11	Und. de Medida	m
Data da Criação	09/2003	Data da Exclusão	___/____

Item Elementar	Antigo	Item Reutilizado	Descrição	Und. de Medida	Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Parcial R\$
MAT051350	057600		Eletroduto de PVC rigido, varas de 3m, rosca em ambas as extremidades, diametro nominal de 1"	vara	0,36500000	5,22	1,91
MAT084250	092550		Luva de PVC rigido, para eletroduto, diametro nominal de 1"	un	0,33300000	0,32	0,11
MOD000950	802400		Eletricista - instalacao eletrica predial e industrial comum	h	0,14000000	12,25	1,72
MOD002450	805700		Servente	h	0,14000000	9,13	1,28
EVE000050	900050		3% incidente sobre mao de obra direta com Encargos Sociais para cobrir despesas de EPI e ferramentas	%	1,00000000	3,00	0,09

Item de Serviço	RV 15.15.0200 (A)	Mês/Ano de Referência	10/2013
Descrição	Revestimento de piso, com ladrilhos ceramicos Portobello ou similar, carga pesada, de (30x30)cm, na cor grafite ou branca, cimento, saibro e areia no traco 1:2:3, cimento branco.		
Custo	41,19	Und. de Medida	m2
Data da Criação	03/2005	Data da Exclusão	___/____

Item Elementar	Antigo	Item Reutilizado	Descrição	Und. de Medida	Quantidade	Custo Unitário R\$	Custo Parcial R\$
MAT029600	032950		Ceramica Portobello ou similar, carga pesada, de (30x30)cm	m2	1,10000000	8,20	9,02
MAT033600	037050		Cimento branco Irajá ou similar, saco de 50Kg	Kg	0,10000000	1,01	0,10
MOD001300	803800		Ladrilheiro - assentamento de azulejo, ceramica e ladrilho	h	1,00000000	13,46	13,46
MOD002450	805700		Servente	h	1,00000000	9,13	9,13
EVE000050	900050		3% incidente sobre mao de obra direta com Encargos Sociais para cobrir despesas de EPI e ferramentas	%	1,00000000	22,59	0,68
RSE002050	008100	RV 05.10.0453(A)	Argamassa de cimento, saibro e areia, no traco 1:2:3	m3	0,03000000	293,32	8,80

Fonte: SCO/RJ, 2013