

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE ARTES
GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO

BERNARDO ZANDOMENICO DIAS

**SELEÇÃO DE MATERIAIS MAIS SUSTENTÁVEIS:
APLICAÇÃO NO EDIFÍCIO DO NÚCLEO DE ESTUDOS
MULTIDISCIPLINARES DO CENTRO DE ARTES DA UFES**

VITÓRIA
2012

BERNARDO ZANDOMENICO DIAS

**SELEÇÃO DE MATERIAIS MAIS SUSTENTÁVEIS: APLICAÇÃO NO
EDIFÍCIO DO NÚCLEO DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES DO
CENTRO DE ARTES DA UFES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Cristina Engel de Alvarez

VITÓRIA
2012

BERNARDO ZANDOMENICO DIAS

**SELEÇÃO DE MATERIAIS MAIS SUSTENTÁVEIS: APLICAÇÃO NO EDIFÍCIO DO
NÚCLEO DE ESTUDOS MULTIDISCIPLINARES DO CENTRO DE ARTES DA UFES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Arquitetura e Urbanismo.

Aprovado em: ___/___/___

ATA DE AVALIAÇÃO DA COMISSÃO EXAMINADORA:

COMISSÃO EXAMINADORA

Nota

Prof^ª. Dr^ª. Cristina Engel de Alvarez
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientadora

Nota

MSc. Márcia Bissoli Dalvi
Universidade Federal do Espírito Santo
Universidad del Bío-Bío/Concepción/Chile

Nota

MSc. Ana Dieuzeide Santos Souza
Universidade Vila Velha

Aprovado com nota final: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço à orientadora Prof^a. Dr^a. Cristina Engel de Alvarez, à MSc. Marcia Bissoli Dalvi e à MSc. Ana Dieuzeide Santos Souza pelo apoio, incentivo, ajuda e cobrança ao longo dos últimos anos;

Aos Arquitetos André Luiz Franzotti Donadello e Renato Cezar Concha Gomes pelos prontos auxílios;

Agradeço ao amigo Caio Mantovanelli Valli pela força e companheirismo;

Ao Laboratório de Planejamento e Projetos da UFES (LPP-UFES) e sua equipe pela hospitalidade e suporte;

À todos que contribuíram para a evolução deste trabalho e para a minha própria.

À FAPES, agradeço pela bolsa concedida para a realização de iniciação científica, que embasou em grande parte a elaboração deste projeto de graduação.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	7
2. ESTRUTURA DA PESQUISA	9
2.1 OBJETIVO.....	9
2.2 JUSTIFICATIVA	9
2.3 METODOLOGIA	9
3. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	12
3.1 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA - ACV.....	13
3.2 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS.....	14
3.2.1 BREEAM.....	15
3.2.2 NF BÂTIMENTS TERTIAIRES - DÉMARCHE HQE®.....	15
3.2.3 LEED.....	16
3.2.4 SBAT.....	16
3.2.5 GREEN STAR.....	17
3.2.6 CASBEE.....	17
3.2.7 SBTOOL	18
3.2.8 ASUS.....	19
3.3 RELEVÂNCIA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA BUSCA POR EDIFÍCIOS MAIS SUSTENTÁVEIS.....	24
3.3.1 SELEÇÃO DE MATERIAIS MAIS SUSTENTÁVEIS - INSTRUMENTO EM DESENVOLVIMENTO POR BISSOLI-DALVI	24
4. APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE SELEÇÃO DE MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS NO PROJETO DO NEM-CAR - UFES	27
4.1 TERRENO DE IMPLANTAÇÃO E PROGRAMA DE NECESSIDADES DO EDIFÍCIO	27
4.1.1 <i>Localização e características do terreno de implantação do edifício</i>	27
4.1.2 <i>Programa arquitetônico do edifício</i>	31
4.2 PROJETO ARQUITETÔNICO.....	31
4.2.1 <i>Soluções de projeto para economia de materiais utilizadas no NEM-CAR</i>	47
4.2.2 <i>Materiais de construção pré-definidos para o edifício proposto</i>	47
4.2.2.1 <u>Estrutura</u>	47
4.2.2.2 <u>Cobertura</u>	51
4.2.2.3 <u>Paredes e divisórias</u>	54
4.2.2.4 <u>Esquadrias</u>	56

4.2.2.5	<u>Eletrodutos</u>	58
4.2.2.6	<u>Revestimentos e bancadas</u>	59
4.2.2.7	<u>Guarda-corpos e corrimãos</u>	60
5.	ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO PARA O NEM-CAR	67
5.1	ANÁLISE DOS MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS PRÉ-DEFINIDOS	67
5.2	ANÁLISE DE ADEQUAÇÃO AO PROGRAMA ARQUITETÔNICO E ÀS LEIS E NORMAS ESPECÍFICAS	70
5.3	ANÁLISE DA ARQUITETURA PROJETADA	70
6.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
7.	REFERÊNCIAS	76

1. INTRODUÇÃO

Há décadas a grande exploração dos recursos naturais ocorre, porém, foi nos últimos anos que as consequências do crescimento econômico de vários países, aumento da população mundial, do consumo desenfreado dos indivíduos e de políticas públicas ineficientes ou inexistentes se tornaram mais visíveis, tais como: enchentes nas cidades; multiplicação do número de lixões; destruição de rios e córregos, seja pela poluição da água ou por aterramentos; profundas mudanças nas paisagens naturais; extração não planejada de madeira, gerando avançados desflorestamentos; lançamento de grande quantidade de gases poluentes na atmosfera, causando desde problemas respiratórios na população até danos nas construções em função da chuva ácida; e, ainda, as mudanças na temperatura da superfície da Terra através do Efeito Estufa, que pode levar à extinção muitas espécies animais e vegetais (AGUILAR, 2009; LJUNGBERG, 2007; MORA, 2007; MOTTA; SILVA, 2007). Com isso, o cenário atual é que, com os hábitos culturais, de consumo e de descarte praticados em várias partes do mundo, são necessários cerca de 2,2 hectares globais por pessoa por ano para suprir a demanda por bens e serviços da população mundial, enquanto o ponto de equilíbrio entre o consumo e a regeneração dos recursos naturais do planeta é 1,8 hectares globais por pessoa por ano (WORLD..., acesso em 11 jan. 2012). Este dado é conhecido como Pegada Ecológica, isto é, o tamanho das áreas produtivas de terra e de mar - expresso em hectares globais - necessário para gerar produtos, bens e serviços que sustentam os estilos de vida de populações humanas. Assim, a Pegada Ecológica é uma maneira de traduzir a área de território do planeta que uma pessoa, ou toda uma sociedade utiliza, em média, para se sustentar (WWF-BRASIL, acesso em 11 jan. 2012).

É importante ressaltar que milhões de habitantes do planeta estão muito distantes de atingir o patamar de consumo comum nos países mais ricos (MOTTA; AGUILAR, 2009; SILVA, 2007), o que elevaria ainda mais a Pegada Ecológica da população mundial caso essa grande parcela o alcançasse, ou seja, seria necessário um planeta maior ou vários planetas Terra para suprir a demanda. Outro fator que contribui de forma decisiva para o agravamento dos fatos citados é a obsolescência dos bens nos dias atuais, isto é, sua baixa durabilidade e rápida perda de valor e/ou utilidade para os indivíduos, levando a população a descartar uma imensa quantidade de objetos em prol da compra de itens semelhantes, mais atualizados ou em destaque na mídia e sociedade (LJUNGBERG, 2007; JOHN; SATO, 2006).

O horizonte imaginável caso sejam mantidas as características de consumo atuais é composto por dois caminhos: luta-se para que todos tenham um padrão de vida como o dos países desenvolvidos, fato não suportado pela quantidade de recursos naturais do planeta; ou acentua-se a desigualdade econômica e de direitos fundamentais à vida digna entre os mais providos e os mais desprovidos de posses e recursos financeiros.

Tais fatos evidenciaram a insustentabilidade da situação, a necessidade da quebra de paradigmas e do questionamento das práticas vigentes na economia, no consumo, na

exploração de materiais, na geração e disposição de resíduos, na produção de energia, entre outros (MOTTA; AGUILAR, 2009; JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001).

Governos, empresas e população passaram a compreender os impactos dos métodos de gestão e de políticas públicas elaboradas pelo Estado, dos processos industriais, de práticas domésticas e urbanas comuns, e principiaram uma conscientização da finitude dos recursos da natureza, do modo inconsequente de como vinham sendo geridos e utilizados, e da necessidade de aliar as mudanças de práticas ambientalmente danosas à melhoria de vida da população (MOTTA; AGUILAR, 2009; LJUNGBERG, 2007). Com isso, pesquisas científicas visando ao desenvolvimento de novas técnicas e tecnologias em várias áreas do conhecimento ganharam impulso; clientes passaram a cobrar das empresas produtos e serviços que causem menores danos ambientais e que respeitem os direitos do trabalhador; e ações governamentais, como o incentivo financeiro a agricultores que mantêm a mata nativa ao redor de mananciais em suas propriedades, foram tomadas (INSTITUTO..., 2008; MORA, 2007; LJUNGBERG, 2007). Ainda, percebeu-se que muitas ações não eram apenas corretas ambientalmente, mas também lucrativas, como a redução do desperdício durante a fabricação e transporte dos produtos e a criação de uma “boa” imagem para as empresas e instituições perante os consumidores e cidadãos (LJUNGBERG, 2007).

Aos poucos os conceitos de desenvolvimento sustentável – suprir as necessidades da geração presente sem afetar a habilidade das gerações futuras de suprir as suas próprias necessidades (WORLD..., acesso em 22 jan. 2012) – e do tripé da sustentabilidade – soluções ambientalmente corretas, socialmente justas e economicamente viáveis (MOTTA; AGUILAR, 2009; FOSSATI, 2008; LJUNGBERG, 2007; SILVA, 2007) – foram e estão sendo introduzidos nos países, inclusive no setor da construção civil, que busca adequar-se às novas exigências (JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001).

2. ESTRUTURA DA PESQUISA

2.1 OBJETIVO

O objetivo deste Projeto de Graduação é elaborar o projeto de arquitetura do Núcleo de Estudos Multidisciplinares do Centro de Artes (NEM-CAR) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) utilizando como diretrizes em seu desenvolvimento e na escolha das soluções propostas para tal edifício os conceitos envolvidos na seleção de materiais e técnicas construtivas mais sustentáveis.

2.2 JUSTIFICATIVA

Atualmente a elaboração de projetos de edifícios está tendo que incorporar à sua metodologia soluções eficientes ambientalmente, socialmente e economicamente, cada dia mais cobradas pelos vários segmentos da sociedade (empresas, governos e sociedade civil). Dentre tais soluções está a seleção de materiais e técnicas construtivas, de importância primordial para o alcance de um resultado satisfatório, uma vez que uma enorme quantidade de recursos naturais é direcionado para a fabricação de produtos para a construção civil (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Desse modo, se mostra necessária a inserção das ideias envolvidas na escolha de materiais e técnicas construtivas mais sustentáveis na concepção de projetos de edifícios e em soluções arquitetônicas que almejam uso mais racional e eficiente daqueles (OLIVEIRA, 2009).

A escolha de uma edificação na Universidade Federal do Espírito Santo, ou seja, um prédio institucional do governo deve-se ao fato de que é relevante que o poder público tome a iniciativa de elaborar e concretizar projetos que buscam ser mais sustentáveis e, assim, se apresente como exemplo a ser seguido pelos setores privados. O fato de a edificação estar inserida no âmbito do curso de graduação de Arquitetura e Urbanismo – onde convivem os principais futuros responsáveis pela construção de novos edifícios –, e também se prevendo sua ocupação por grupos de pesquisadores, reforça a ideia de que a edificação deve ser um exemplo de eficiência e uso adequado dos materiais.

2.3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada nesta pesquisa foi dividida em três etapas: 1ª Etapa – Reconhecimento; 2ª Etapa – Proposição; 3ª Etapa – Avaliação. Por sua vez as etapas são divididas em alguns itens, conforme a seguir explicitados.

1ª Etapa – Reconhecimento: estudo e investigação de temáticas relevantes para o trabalho

- Referências Conceituais – estudo de materiais mais sustentáveis e projetos que os utilizam.
- Ferramentas de Avaliação – identificação das formas de avaliação dos materiais de construção adotada pelas ferramentas de avaliação de edifícios.

- Programa Arquitetônico - estudo das áreas e ambientes necessários ao funcionamento adequado da edificação proposta.

2ª Etapa – Proposição: concepção do projeto arquitetônico e especificação dos materiais construtivos a serem utilizados no edifício do NEM-CAR da UFES

- Pré-definição dos materiais – seleção preliminar dos materiais de construção e técnicas construtivas mais sustentáveis para o edifício.
- Lançamento do Plano de Massas – lançamento da volumetria inicial para a edificação tomando como base os materiais e técnicas construtivas pretendidos para o projeto.
- Análise do projeto – crítica do projeto proposto para o NEM-CAR e da harmonia existente entre as soluções arquitetônicas propostas, os materiais e técnicas construtivas pretendidas para o projeto e o discurso da sustentabilidade.
- Aprimoramento do projeto – melhoria do projeto arquitetônico a partir, essencialmente, da manutenção ou mudança dos materiais e técnicas construtivas propostas inicialmente no projeto.
- Projeto Final – finalização do anteprojeto de arquitetura e da escolha dos materiais e técnicas construtivas para o edifício.

3ª Etapa – Avaliação: avaliação do projeto para o NEM-CAR da UFES e das soluções propostas quanto aos materiais e técnicas construtivas utilizadas

- Avaliação dos materiais de construção pré-definidos – avaliação do nível de sustentabilidade dos materiais e técnicas construtivas, propostos inicialmente para a edificação, a partir dos conceitos que apontam os mais sustentáveis.
- Avaliação de adequação ao programa arquitetônico - avaliação dos aspectos funcionais do projeto, da concretização das exigências dos futuros usuários e do cumprimento às leis e normas aplicáveis (Plano Diretor Físico da Universidade Federal do Espírito Santo – Campus Alvor de Queiroz Araújo, Código de Edificações do Município de Vitória – Lei Nº 4821, Norma Brasileira de Acessibilidade a Edificações - NBR 9050/2004, Norma Brasileira de Saídas de Emergência em Edifícios – NBR 9077/2001, entre outras).
- Avaliação da arquitetura projetada – avaliação do edifício como resultado de projeto de arquitetura embasado em metodologia para a seleção de materiais mais sustentáveis.
- Avaliação final dos resultados – avaliação dos resultados alcançados e elaboração dos desenhos e textos finais.

A síntese do processo metodológico é mostrado na figura 1, destacando-se que as setas na vertical indicam atividades sequenciais, que pertencem a uma mesma etapa, enquanto que as setas na horizontal, com texto em seu interior, apontam para atividades que são realizadas a partir de resultados obtidos na etapa anterior.

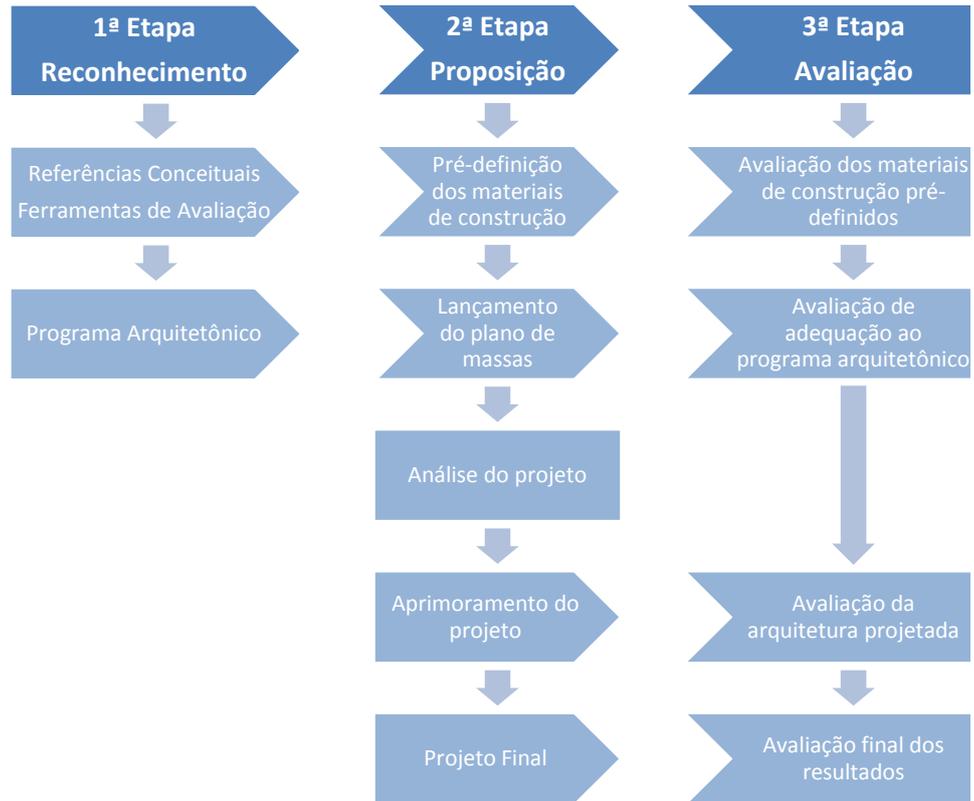


FIGURA 1 – Estrutura da metodologia a ser utilizada no trabalho.

No item seguinte é explicado, brevemente, sobre a inserção do conceito de sustentabilidade na construção civil e sobre as principais ferramentas utilizadas, principalmente no campo dos materiais de construção, para redução dos impactos causados por essa atividade humana.

3. SUSTENTABILIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O grande consumo e a conseqüente escassez de muitos recursos naturais, associados à busca por construções que minimizem seus impactos estão transformando a relação do homem com o meio ambiente. As metodologias de avaliação de sustentabilidade de edifícios surgiram na construção civil visando a estimular e auxiliar os projetos e a gestão de empreendimentos a buscarem práticas, técnicas e relações com o ambiente fundamentados no conceito de desenvolvimento sustentável. Assim, tais metodologias adotam como base principal a busca por uma sociedade mais saudável, que cresça e se desenvolva minimizando o uso dos recursos e dos meios disponíveis, adequando-se às especificidades impostas pela natureza (DIAS *et al.*, 2010).

Em países em desenvolvimento, como é o caso do Brasil, a extração de recursos naturais é crescente devido à busca por melhores padrões de vida e à aceleração do consumo, conseqüência do crescimento econômico e aumento demográfico (MOTTA; AGUILAR, 2009; SILVA, 2007). As estimativas variam, mas autores afirmam que a construção civil é responsável pelo consumo de 40% até 75% dos recursos naturais explorados, sendo a maior parte deles não renováveis (JOHN; OLIVEIRA; AGOPYAN, 2006; SJÖSTRÖM, 2000 *apud* JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001). Tendo em vista a necessidade da população de aumentar sua qualidade de vida e a necessidade de se mudar o modo como se explora os recursos naturais, a busca por melhorias deve estar acompanhada de soluções socialmente justas e que otimizem e impulsionem o uso dos recursos naturais com baixo impacto ambiental (MOTTA; AGUILAR, 2009).

Nesse sentido, buscando o avanço e a incorporação do conceito de sustentabilidade na construção civil, algumas ferramentas de avaliação da sustentabilidade de edifícios foram desenvolvidas, como por exemplo, o BREEAM (*Building Research Establishment Environmental Assessment Method*), que surgiu na Inglaterra e é considerado o primeiro avaliador ambiental de construções do mundo. A partir de então outras ferramentas foram elaboradas e, de uso no âmbito nacional, pode-se destacar o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) e o AQUA (Alta Qualidade Ambiental). O primeiro foi introduzido no Brasil em 2007, pelo GBC-Brasil (*Green Building Council Brasil*), em que foram incorporadas características nacionais para sua melhor adaptação, e o segundo, baseado no francês *NF Bâtiments Tertiaires - Démarche HQE*, atua desde 2007 nacionalmente.

A princípio, os métodos de avaliação existentes distinguem-se – ou deveriam distinguir-se – de acordo com as regiões para as quais foram elaborados, e isso se deve a fatores como a pressão exercida sobre determinados aspectos ambientais (agendas ambientais); as diferenças entre as práticas projetuais devidas a aspectos climáticos, por exemplo; e a variação de receptividade dos mercados à introdução dos métodos (SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001).

Para melhor compreender a metodologia das ferramentas de avaliação de edifícios e também como se chegar a uma escolha mais sustentável de materiais de construção é importante introduzir o conceito de Análise do Ciclo de Vida (ACV), a seguir exposto.

3.1 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA - ACV

A Análise do Ciclo de Vida tem sido reconhecida como o método mais abrangente e potencialmente mais eficiente para a avaliação ambiental de produtos, sendo caracterizada como uma ferramenta para a avaliação quantitativa dos impactos originados por um produto durante todo o seu ciclo de vida¹. Com isso, para ser precisa em seus resultados, a ACV tem que levar em consideração todas as cargas ambientais envolvidas no ciclo de vida de um produto. Entretanto, o número de variáveis presentes nesse cálculo é imenso, uma vez que teria que ser considerada a quantidade de todos os materiais envolvidos na fase de extração, beneficiamento, transporte, uso e destino final de um produto, além do volume de água utilizado, quantidade de energia elétrica gasta, total de cada gás poluente emitido e porção de resíduos produzidos, por exemplo. Os números destes últimos fatores, por sua vez, podem variar de acordo com a tecnologia utilizada na extração e beneficiamento dos materiais, com a matriz energética da região, com o modo de transporte utilizado para realizar o deslocamento da mercadoria, etc. (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007; SILVA, 2007).

Além do exposto, a função do material ou produto durante a fase de uso de seu ciclo de vida possui grande influência em sua vida útil, e pode determinar que ele se mantenha íntegro ou que seja substituído em um dado período de tempo, o que diminuirá ou aumentará os impactos ambientais e influenciará a Análise do Ciclo de Vida. Desse modo, um piso utilizado em áreas externas e exposto às intempéries, por exemplo, certamente possuirá vida útil diferente se utilizado em um ambiente interno (JOHN; SATO, 2006). Vale ressaltar que na ACV os materiais, produtos ou componentes são comparados com base no conceito de unidade funcional, isto é, com base na utilização do material em uma determinada aplicação, como a de vedação, revestimento de pisos ou cobertura. Assim, compara-se, por exemplo, o valor de energia, água, materiais e resíduos resultantes da produção da quantidade de telhas cerâmicas necessárias para se fazer 1m² de cobertura para uma edificação, com os valores obtidos para a quantidade de telhas de fibrocimento necessárias a tal função. Com base nos resultados, seleciona-se o material de construção que mais se adequa às exigências de projeto e que seja menos impactante ambientalmente (SILVA, 2007; SOARES; SOUZA; PEREIRA, 2006).

Assim, mesmo sendo considerado o mais completo instrumento de avaliação ambiental de produtos e materiais, a complexidade e a grande quantidade de informação demandada e poucos dados existentes dificultam a utilização desse sistema (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

¹ O ciclo de vida de um produto é composto pelas fases de extração, beneficiamento, transporte, uso e destino final, ou seja: descarte, reaproveitamento, reciclagem, entre outros (SETAC, 1991 *apud* SOUZA, 2008). Desse modo, o ciclo de vida é todo o percurso que tem de ser realizado para que se efetive a fabricação, utilização e destino final de um determinado produto.

Tendo em vista os problemas citados, as ferramentas de avaliação de edifícios empregaram em sua metodologia a idéia de ciclo de vida (SILVA, 2007; SILVA; SILVA; AGOPYAN, 2001), porém de maneira diferente: possuem uma série de critérios que devem ser cumpridos para que determinado edifício seja considerado sustentável e que, em geral, abordam itens relacionados à fase de projeto, construção, manutenção e demolição/desconstrução das edificações, avaliando as questões ligadas às esferas ambiental e, algumas vezes, social e econômica envolvidas no planejamento e execução de um empreendimento da construção civil. Com isso, pode-se dizer que esse sistema reduz um problema complexo a indicadores ou critérios simplificados ou a uma solução preferencial, reconhecida como de menor impacto (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). Este método, entretanto, é limitado, pois não abrange todos os possíveis impactos ambientais relacionados à seleção de materiais; pode conter redundâncias; e tende a confundir meios com fins, transformando os meios em objetivos a serem atingidos independentemente dos impactos relacionados a eles. Por exemplo, em várias ferramentas de avaliação existem critérios exigindo que uma parcela dos materiais de construção dos edifícios sejam provenientes de processo de reciclagem. Desse modo, entende-se que todos os materiais reciclados causam menos impactos ao meio ambiente, o que não é verdade, uma vez que há produtos reciclados que possuem menor vida útil ou emitem mais gases causadores do efeito estufa do que produtos fabricados a partir de recursos virgens (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Apesar dos aspectos negativos identificados, de acordo com John, Oliveira e Lima (2007), na ausência de informações que embasem uma Análise do Ciclo de Vida, caso recorrente no Brasil, esses instrumentos são a melhor alternativa para a avaliação ambiental de produtos da construção civil, visto ainda inexistirem outros métodos passíveis de aplicação adequados à realidade nacional ou regional.

No item seguinte é realizada uma breve explicação de algumas das principais ferramentas de avaliação existentes e também da Ferramenta ASUS, elaborada para o contexto do estado do Espírito Santo.

3.2 FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE EDIFÍCIOS

Como no Brasil ainda existem poucas informações a respeito do ciclo de vida dos materiais de construção, e considerando que dados provenientes de outras localidades muitas vezes não refletem a realidade nacional, a metodologia utilizada pelas ferramentas de avaliação de edifícios passou a ser empregada e adaptada ao contexto ambiental, social e econômico do Brasil.

Cada ferramenta possui diretrizes que servem de assistência ao projetista, podendo ele usufruir de um grande número de informações e estratégias que suas metodologias oferecem. Vale destacar, ainda, que os assuntos abordados nas ferramentas são agrupados em áreas temáticas, o que contribui para uma melhor compreensão e utilização das mesmas (DIAS *et al.*, 2010).

Em relação aos materiais de construção, foco deste trabalho, em todas as ferramentas pesquisadas há um capítulo especial para a abordagem do tema, visto a relevância que possuem quando se estuda a questão da sustentabilidade na construção civil.

3.2.1 BREEAM - *Building Research Establishment Assessment Method*

Lançado em 1990, no Reino Unido, por pesquisadores do *Building Research Establishment* (BRE) e do setor privado, em parceria com a indústria, o BREEAM é o mais antigo dos métodos de avaliação ambiental e serviu de base para diversos outros. Em 2005 foi aclamado como o programa para a difusão de edificações sustentáveis mais bem sucedido (BUILDING..., acesso em 14 fev. 2012; FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008).

A ferramenta é revisada regularmente para atualização em relação a avanços em pesquisa e tecnologia, à experiência acumulada, mudanças nas prioridades de regulamentações e de mercado, e para assegurar que continue representando práticas de excelência no momento da avaliação (FOSSATI, 2008).

O BREEAM possui um *site* no qual está disponível para *download* um *checklist* simplificado que auxilia a estimar os pontos que determinada edificação receberia em cada categoria, ou seja, quanto seria sua pontuação geral e sua classificação, caso fosse realizada uma avaliação. A metodologia completa é disponibilizada apenas aos avaliadores credenciados, que verificam o atendimento de itens mínimos de desempenho e atribuem os créditos correspondentes (FOSSATI, 2008). É, portanto, um método privado, de acesso restrito.

3.2.2 NF BÂTIMENTS TERTIAIRES - DÉMARCHE HQE®

Sua versão oficial, como norma integrante da Associação Francesa de Normatização (AFNOR) foi publicada em fevereiro de 2005. A certificação é composta por duas partes inter-relacionadas: o referencial SMO – *Système de Management d’Operation* (Sistema de Gestão do Empreendimento); e o referencial QEB – *Qualité Environnementale du Bâtiment* (Qualidade Ambiental do Edifício). O primeiro pode ser considerado universal, válido para o Brasil, por exemplo, praticamente tal como publicado. Já o segundo é adaptado às construções e às legislações francesas (FOSSATI, 2008).

O referencial SMO é uma particularidade da certificação francesa, onde não somente o edifício é certificado, mas também o empreendimento em todo o seu desenvolvimento. Através do SMO são declarados as ações e os fatores que permitirão que os objetivos referentes à qualidade ambiental do edifício se realizem durante todo o empreendimento. Também através dele, as diretrizes de ações a serem tomadas são passadas aos consultores ambientais, engenheiros, arquitetos e a todos os profissionais ligados ao empreendimento. Em suma, o SMO é a base para o empreendedor na gestão do empreendimento, assegurando que a qualidade ambiental, definida pelo referencial QEB, seja alcançada (FOSSATI, 2008).

Além do referencial SMO, uma segunda característica marcante da certificação francesa é que ela impõe que todas as categorias apresentem um desempenho pelo menos igual ao normalizado, regulamentado ou correspondente às práticas usuais. Além disso, não há escala de atribuição do certificado: o empreendimento é ou não é ambientalmente correto, respondendo a um perfil ambiental coerente. Outro ponto inovador do referencial francês é a flexibilidade garantida pela possibilidade de priorizar o atendimento a categorias mais relevantes para o empreendedor, desde que devidamente acompanhadas por justificativas (FOSSATI, 2008).

O método francês diferencia-se de outros sistemas de certificação por requerer a realização de análise de custos globais da operação. Avalia o edifício em três ocasiões distintas: programa, projeto e execução (FOSSATI, 2008).

3.2.3 LEED – *Leadership in Energy and Environmental Design*

O LEED foi desenvolvido pelo *U. S. Green Building Council* (USGBC) e a versão piloto (LEED 1.0) foi lançada em abril de 1999. Essa metodologia de avaliação é baseada em especificações de desempenho e a avaliação é realizada, assim como no BREEAM, através da obtenção de créditos para o atendimento de critérios pré-estabelecidos. Os critérios e valores de referência são oriundos de normas técnicas e recomendações de organismos de terceira parte com credibilidade reconhecida, como a ASHRAE, ASTM, USEPA e o DOE (FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008).

A singularidade do LEED e o apoio de associações e fabricantes de materiais e produtos contribuíram para sua grande difusão nos Estados Unidos. Estimativas sugerem que se forem considerados, além dos projetos que receberam certificação, aqueles que seguiram os requisitos do LEED, mas não os registraram formalmente, o total do mercado de edifícios verdes pode girar em torno de 30% de todas as construções não residenciais (MCGRAW-HILL CONSTRUCTION, 2005 *apud* COLE, 2006). Vale ressaltar que esse percentual é de alguns anos atrás e assim, é possível que devido à crescente busca por edifícios mais sustentáveis seja ainda maior atualmente.

Em 2005, na ausência de um referencial nacional e mesmo tendo sido verificada a inadequação da aplicação de metodologias estrangeiras no Brasil (SILVA, 2007b *apud* FOSSATI, 2008), o LEED foi escolhido para certificação de ecoeficiência do projeto de ampliação do CENPES, centro de pesquisas da PETROBRAS no Rio de Janeiro. A utilização do LEED como padrão de referência para a certificação do CENPES impulsionou a utilização do referencial americano em outros edifícios comerciais brasileiros (FOSSATI, 2008).

3.2.4 SBAT – *Sustainable Building Assessment Tool*

O SBAT é uma ferramenta de avaliação da sustentabilidade de edifícios desenvolvida em 1999 pelo *Council for Scientific and Industrial Research* (CSIR) da África do Sul. Seu objetivo é avaliar não apenas o desempenho ambiental do edifício, mas também a contribuição do

edifício em amparar e desenvolver sistemas mais sustentáveis nos seus arredores. Porém, além da esfera ambiental, aborda também aspectos sociais e econômicos (COUNCIL..., acesso em 12 abr. 2012; DIAS *et al*, 2010; FOSSATI, 2008).

O SBAT não atribui certificação aos edifícios avaliados, atuando como uma ferramenta para auxílio no desenvolvimento de projetos e tomada de decisões. Pode ser utilizada em todas as tipologias de edificações e em todas as etapas do ciclo de vida do edifício, desde o programa de necessidades até a desconstrução, observando-se que em determinadas etapas alguns requisitos podem se tornar não aplicáveis (FOSSATI, 2008).

3.2.5 GREEN STAR – Green Star Office Design Rating Tool

Desenvolvido pelo *Green Building Council of Australia* – GBCA, o *Green Star Office Design Rating Tool* baseou-se em sistemas de avaliação pré-existent: utiliza a estrutura das categorias de avaliação, atribuição de ponderações às categorias e utilização de pontuação global como o BREEAM e a pontuação para inovações do LEED (FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008). A alta emissão de gases causadores do efeito estufa proveniente de edifícios comerciais – cerca de 8,8% das emissões nacionais – foi um dos principais fatores que desencadearam o desenvolvimento desta ferramenta, uma vez que esta parcela significativa contribui para dificultar o atendimento das metas internacionais firmadas para redução de emissão de tais gases. Dentre os edifícios comerciais, os edifícios de escritórios e hospitais são responsáveis por 40% das emissões no país (GREEN..., acesso em 14 fev. 2012).

A realização das primeiras certificações pela ferramenta ocorreu em 2004, porém, apesar de a certificação *Green Star* requerer um processo formal, qualquer interessado pode fazer *downloads* gratuitos no *site* do GBCA e usar as ferramentas para avaliar e melhorar o desempenho ambiental de seus projetos. A proposta da instituição é a realização de atualizações contínuas da ferramenta, após análise dos comentários públicos realizados a respeito da ferramenta e sua metodologia (GREEN..., acesso em 14 fev. 2012; FOSSATI, 2008).

3.2.6 CASBEE – Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency

Método desenvolvido em 2002 no Japão e em constante atualização pelo *Japan Sustainable Building Consortium* – JSBC, o CASBEE iniciou o processo de certificação de edifícios em 2005. Avalia diversas tipologias de edifícios (escritórios, escolas, hospitais e multi-residenciais, entre outros) e é composto por quatro versões relacionadas à avaliação das fases do ciclo de vida do edifício (planejamento, construção, operação e reforma). As avaliações são realizadas em três estágios distintos: ao final do projeto preliminar; ao final do projeto executivo e quando completada a etapa de construção (JAPAN GREEN...; JAPAN SUSTAINABLE..., acesso em 14 fev. 2012; FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008).

O CASBEE distingue-se dos outros métodos descritos neste capítulo por propor um espaço hipotético fechado delimitado pelas fronteiras do terreno do edifício a fim de determinar as

qualidades e os impactos gerados pela construção a ser avaliada. Desse modo, tem-se a definição e caracterização clara de dois tipos de espaços: o espaço dentro dos limites do terreno – propriedade privada – e o espaço fora dos limites do terreno – propriedade pública (JAPAN GREEN...; JAPAN SUSTAINABLE..., acesso em 15 fev. 2012; FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008).

O CASBEE é usado por instituições governamentais japonesas e, para tanto, pode ser alterado de acordo com as condições locais, como clima, e com as prioridades para a região onde será empregado. As mudanças são geralmente feitas variando a ponderação dos coeficientes. Dois exemplos de regionalização da ferramenta são o CASBEE Nagoya e o CASBEE Osaka, que sofreram alteração no modelo original para serem adaptados às características de materiais oriundos de indústrias locais e aos aspectos das ilhas de calor, respectivamente (JAPAN GREEN...; JAPAN SUSTAINABLE..., acesso em 15 fev. 2012; FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008).

3.2.7 *SBTOOL - Sustainable Building Tool*

Desenvolvida pelo *Sustainable Building Challenge* (SBC), um consórcio internacional que teve princípio em 1996, sendo financiado inicialmente pelo governo do Canadá, a ferramenta *SBTool* possui a função primária de atuar como base metodológica e científica para que órgãos e instituições locais de diversas partes do mundo desenvolvam sistemas de avaliação de edifícios adaptados ao contexto de sua região. Assim, substituindo-se os dados padrões apresentados inicialmente na ferramenta por valores da realidade local, pretende-se que a metodologia responda às condições específicas do lugar em que se almeja aplicá-la. Vale ressaltar que tal ferramenta engloba critérios de avaliação acerca não somente de aspectos ambientais, mas também de econômicos, sociais e culturais, atingindo assim todas as áreas da sustentabilidade (SOUZA, 2008).

Essa ferramenta permite avaliar os edifícios em diferentes fases do ciclo de vida, isto é: pré-projeto, projeto, construção e operação. A avaliação de cada uma dessas fases requer diferentes informações e assim, pode gerar diferentes resultados. A *SBTool* fornece metodologia para avaliar mais de 15 usos diferentes em edificações, além de edifícios de uso misto. Seu esquema de pontuação se dá por comparação com marcas de referência, ou seja, valores/desempenhos que devem ser alcançados pelo projeto ou construção para que se consiga determinado número de pontos na avaliação. A escala de pontuação está dividida em: (-1) Desempenho negativo; (0) Desempenho mínimo aceitável (em geral, definido por regulamentação); (+3) Boa prática; e (+5) Prática de excelência (SOUZA, 2008). A fim de adequar a ferramenta à realidade de uma região e assim dar mais ênfase a questões sociais, por exemplo, pode-se variar os pesos de cada tema da ferramenta (SOUZA, 2008).

Exemplo do alcance do objetivo principal do *Sustainable Building Challenge*, fornecer uma base metodológica sólida para orientar o desenvolvimento de métodos de avaliação locais, é a estrutura de avaliação do CASBEE, derivada da *SBTool* (FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008).

3.2.8 ASUS

Sabe-se que muitas das ferramentas citadas foram elaboradas para determinadas realidades e diferentes regiões. Assim, a adoção de tais ferramentas fora do contexto em que foram criadas deve ser feita de forma criteriosa, para não distorcer os resultados e nem gerar dados que não servirão de suporte ao projeto. Com a finalidade de evitar situações semelhantes, a ASUS, proposta inicialmente por Souza (2008) e posteriormente aprimorada por um grupo de pesquisadores do Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (LLP/UFES), foi desenvolvida para as condições sociais, ambientais e culturais do Estado do Espírito Santo. Assim, os aspectos como o clima, os materiais abundantes da região, a mão de obra, os problemas ambientais locais, entre outros, são analisados de acordo com os critérios a que estão ligados. Com isso, age-se localmente para melhor contribuição com uma preocupação global (LUCAS *et al.*, 2010; DIAS *et al.*, 2010).

A ASUS, elaborada com base na SBTool, objetiva atuar como um instrumento de auxílio aos projetistas e como um sistema de avaliação da sustentabilidade de projetos de edifícios comerciais e institucionais projetados para a região capixaba. Além disso, visa contribuir na fase de projeto, fornecendo a instrumentação para que se obtenha uma edificação mais sustentável, dentro das condições estabelecidas pelo contexto local (DIAS *et al.*, 2011; DIAS *et al.*, 2010; LUCAS *et al.*, 2010).

Quanto aos materiais de construção, o método de avaliação da ASUS organiza-se com base em pré-requisitos e critérios que priorizam, entre outros fatores, a economia, a reutilização e a reciclagem de materiais. Porém, ao se tratar de uma ferramenta constituída por partes, alguns critérios, mesmo possuindo uma relação com os materiais de construção, foram ajustados a outros temas de avaliação, como por exemplo, os aspectos relacionados às emissões, ao conforto térmico e à água (DIAS *et al.*, 2010). Os critérios de avaliação pertencentes ao tema Materiais da Ferramenta ASUS juntamente com os pesos de seus critérios são mostrados no quadro 1.

QUADRO 1 – Conceituação do pré-requisito e dos critérios da categoria Materiais - Ferramenta ASUS.

Continua

MATERIAIS	
Pré-requisito	Exigência do pré-requisito para o projeto
Não utilização de materiais que estejam proibidos ou não recomendados por organismos reconhecidos	<ul style="list-style-type: none"> • Não utilização do amianto, por exemplo, proibido em quatro estados brasileiros e em muitos outros países; • Não utilização de materiais não recomendados por organismo reconhecidos, como tintas com chumbo (MINISTÉRIO..., acesso em 18 out. 2010); • Não utilização de materiais provenientes de áreas cuja extração de recursos naturais é proibida.

Continua

Critério	Desempenho do projeto	Peso
Situação regular das empresas fornecedoras de materiais e componentes junto ao governo federal	Obtido através da percentagem de empresas fornecedoras de materiais e componentes que possuem regularidade fiscal e regularidade em relação às contribuições previdenciárias e aos débitos relativos a terceiros. Quanto maior a percentagem, melhor o desempenho no critério.	0,79%
Especificação de materiais e componentes normatizados	Obtido através da percentagem, em custo, dos materiais e componentes com a listagem das respectivas normas técnicas (relacionadas à qualidade e ao desempenho) ¹ a que devem cumprir, em relação ao valor total de materiais e componentes especificados para o projeto. Quanto maior a percentagem, melhor o desempenho no critério.	0,73%
Especificação de materiais e componentes com certificação social e/ou ambiental	Obtido através da percentagem, em custo, dos materiais e componentes com a apresentação da certificação social e/ou ambiental que devem possuir, em relação ao valor total de materiais e componentes especificados para o projeto. Quanto maior a percentagem, melhor o desempenho no critério.	1,53%
Reúso de materiais e componentes	Obtido através da percentagem, em custo, dos materiais e componentes reutilizados em relação ao valor total de materiais e componentes especificados para o projeto. Quanto maior a percentagem, melhor o desempenho no critério.	1,02%
Uso de materiais e componentes com adição de resíduos	Obtido através da especificação obrigatória de cimento CP III para os casos em que a obra emprega cimento ² e da percentagem, em custo, dos materiais e componentes com adição de resíduos em relação ao valor total de materiais e componentes especificados para o projeto. Quanto maior a percentagem, melhor o desempenho no critério.	0,96%
Uso de materiais e componentes produzidos na região	Obtido através da percentagem, em custo, dos materiais e componentes especificados produzidos na região (em um raio máximo de 300km do local da obra) em relação ao valor total de materiais e componentes especificados para o projeto. ³ Quanto maior a percentagem, melhor o desempenho no critério.	1,24%
Uso de materiais e componentes com alta durabilidade	Obtido através da seguinte ordem: <ul style="list-style-type: none"> • Os sistemas⁴ do edifício apresentam todos os materiais e componentes com vida útil de projeto mínima (VUP mínima) estabelecida pela NBR 15575 (Desempenho Mínimo, ou seja, 0); • Quatro sistemas do edifício apresentam materiais e componentes com vida útil de projeto superior (VUP superior) estabelecida pela NBR 15575, atendendo ao disposto para se alcançar o Desempenho Mínimo (Desempenho Bom, ou seja, +3); • Todos os sistemas do edifício apresentam materiais e componentes com vida útil de projeto superior (VUP superior) estabelecida pela NBR 15575, atendendo ao disposto para se alcançar o Desempenho Mínimo (Prática de Excelência, ou seja, +5). 	2,15%

Conclusão

Critério	Desempenho do projeto	Peso
Solução de projeto para economia de materiais e componentes	Obtido de acordo com o número de técnicas e soluções empregadas que minimizam o uso de materiais e componentes, sendo apresentada no desenvolvimento do critério uma listagem de técnicas e soluções para isso. Visando a melhor compreensão dos usuários da ASUS, a lista de técnicas e soluções foi dividida em três grupos, sendo o primeiro “Especificações de materiais e componentes”; o segundo “Solução de desenho”; e o terceiro “Sistemas e técnicas construtivas”. Para obter Desempenho Mínimo (0) o projeto deve aplicar pelo menos um item listado em algum dos grupos; para obter Desempenho Bom (+3) deve empregar pelo menos um item de cada grupo; para obter Prática de Excelência (+5) deve empregar pelo menos seis itens dos grupos, distribuídos de qualquer modo entre eles, atendendo ao disposto para obter +3, ou apresentar solução alternativa diferenciada que comprove uma redução de no mínimo 5%, em custo, sobre o total de materiais e componentes especificados para o projeto.	2,03%
Uso de materiais renováveis ou de baixo impacto	Obtido através da percentagem, em custo, dos materiais e componentes abundantes - que não estejam em processo de extinção - e daqueles próximos de seus estados naturais, ou seja, com menor número de processos beneficiadores na cadeia produtiva.	1,41%
MATERIAIS		12,80%
<p>¹ A listagem das normas técnicas (relacionadas à qualidade e ao desempenho) que devem ser cumpridas pelos materiais e componentes pode ser realizada através da listagem de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Norma Brasileira (NBR) – documento normativo aprovado pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas); ou • Certificação concedida pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial); ou • Selo como o da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), por exemplo, que atesta que determinada empresa do setor cumpre as normas técnicas de qualidade e desempenho para o cimento. <p>² O cimento Portland III é o que possui maior percentual de aproveitamento de resíduos (de 35% a 70% da massa total do cimento), possuindo características e desempenho semelhantes a dos demais cimentos Portland (excetuando o CP V ARI - Alta Resistência Inicial), sendo indicado para as mais diversas finalidades como, por exemplo, construção de pilares, de elementos em ambientes agressivos, de tubos e canaletas para esgoto e efluentes industriais e pavimentação de estradas e pistas de aeroportos (ASSOCIAÇÃO..., acesso em 29 abr. 2011; ASSOCIAÇÃO..., acesso em 30 abr. 2011).</p> <p>³ O desempenho deste critério é dado através da especificação de materiais e componentes que possuem produção na região, ou seja, sem indicação de fornecedor, pois em casos de edifícios desenvolvidos através de licitação a determinação de marcas de produtos é vedada (BRASIL, acesso em 12 jun. 2011).</p> <p>Obs.: Neste critério, o termo “produzido” se relaciona com o produto acabado, não se levando em consideração a origem das matérias-primas utilizadas em sua fabricação.</p> <p>⁴ De acordo com a NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO..., 2010, p. 7) sistema é “a maior parte funcional do edifício. Conjunto de elementos e componentes destinados a cumprir com uma macrofunção que a define (exemplo: fundação, estrutura, vedações verticais, instalações hidrossanitárias, cobertura)”.</p>		

Para entender de forma rápida e resumida as características das ferramentas de avaliação de edifícios citadas, além de como elas abordam os materiais de construção, segue síntese no quadro 2. Foi organizado, ainda, o quadro 3, que apresenta as condições para se ter acesso ao conteúdo das ferramentas, ou seja, quais delas são privadas e quais são públicas.

QUADRO 2: Ferramentas de avaliação e identificação do foco de abordagem.

Continua

Ferramenta/ Origem	Breve descrição da ferramenta	Observações referentes aos itens que englobam materiais de construção
LEED (Estados Unidos)	Avalia o desempenho ambiental de edificações, como as comerciais, institucionais, educacionais, residenciais, de saúde; sendo elas novas ou existentes, em suas fases de projeto, construção e operação	Abordam os critérios avaliativos de materiais de forma abrangente e genérica. Avalia não só os impactos causados pelos materiais da edificação na própria edificação como, também, os impactos no entorno*
SBTOOL (Consórcio Internacional)	Abrange aspectos ambientais, sociais e econômicos dos empreendimentos da construção civil, avaliando vários tipos de edificações nas fases de pré-projeto, projeto, construção e operação. Sua principal característica é atuar como base conceitual para que organismos de lugares de todo o mundo desenvolvam suas próprias ferramentas de avaliação de edifícios.	
HQE (França)	Avalia a qualidade ambiental de edifícios residenciais e comerciais, novas construções ou reformas. Contempla as fases de projeto e construção e também aborda em seus critérios a fase de uso e operação, sendo que o referencial de avaliação específico desta fase está sendo elaborado pelo certificador francês (GUIDE..., 2008, p. 8)	Possuem critérios com abordagens genéricas e específicas, compreendendo de forma ampla os vários impactos que podem ser causados pelos materiais. Focam principalmente o impacto dos materiais no âmbito do próprio edifício*
BREEM (Inglaterra)	Com ênfase na avaliação ambiental, engloba vários tipos de edificações, como as educacionais, industriais, de escritórios, saúde, entre outros. Possui como um dos principais objetivos a propaganda das qualidades do edifício. Avalia projetos, novas construções, reformas e edifícios existentes	
SBAT/ (África do Sul)	Pretende prover uma indicação do desempenho de projetos ou edificações em termos ambientais, sociais e econômicos. Avalia qualquer fase da vida útil de uma construção e aplica-se à maioria dos usos, tais como escolas, residências e escritórios	
GREEN STAR (Austrália)	Elaborada com o intuito de validar iniciativas de redução do impacto ambiental pelas edificações de escritórios. Avalia as etapas de projetos, reformas e novas construções	Sua abordagem em relação aos critérios de avaliação de materiais possui caráter específico. Aborda o impacto dos materiais no âmbito do próprio edifício*

Conclusão

Ferramenta/ Origem	Breve descrição da ferramenta	Observações referentes aos itens que englobam materiais de construção
CASBEE (Japão)	Avalia o desempenho ambiental de edifícios, sendo que a avaliação pode continuar ao longo da vida útil da edificação. Avalia projetos, novas construções, reformas e edifícios existentes	Possui critérios com abordagens genéricas e específicas, compreendendo de forma ampla os vários impactos que podem ser causados pelos materiais. Avalia não só o impacto dos materiais no âmbito da própria edificação, como também os impactos no entorno*
ASUS (Brasil/ Espírito Santo)	Avalia o desempenho ambiental, social e econômico das construções projetadas para o território capixaba, levando-se em consideração, quando pertinente, as características regionais. A avaliação é feita na fase de projeto, mas seus critérios contemplam outras fases do ciclo de vida de edifícios comerciais e institucionais	Aborda os critérios avaliativos de materiais de forma abrangente e genérica. Avalia não só os impactos causados pelos materiais da edificação na própria edificação, como também os impactos no entorno*
* Entende-se por “avalia o impacto dos materiais no âmbito do próprio edifício” como ao enfoque dado pela ferramenta voltado exclusivamente para o edifício analisado, como por exemplo: reuso de materiais, solução de projeto para economia de materiais, facilidade de manutenção dos materiais empregados, entre outros. Como exemplo de critérios que abrangem não só a própria edificação, mas também o entorno, pode-se citar: uso de materiais que dificultem a reflexão da luz proveniente da fachada e uso de materiais que auxiliem a permeabilidade do solo no entorno do edifício.		

Fonte: DIAS *et al.*, 2010, p. 4-5; SOUZA, 2008.

QUADRO 3: Ferramentas de avaliação e condições de uso.

Continua

Ferramenta/ Origem	Condição de Uso
LEED (Estados Unidos)	PRIVADA - Os documentos que apresentam os itens do projeto e da edificação a serem avaliados e suas respectivas marcas de referência são disponibilizados ao público, porém informações mais detalhadas a respeito da avaliação e da metodologia da ferramenta apenas são fornecidas se contratado o processo de avaliação e mediante pagamento de consultoria de profissional credenciado pela instituição. Essas ferramentas são voltadas para a certificação e marketing de edificações mais sustentáveis e possuem fins lucrativos.
HQE (França)	
BREEAM (Inglaterra)	
SBTOOL (Consórcio Internacional)	LIVRE - Os documentos que apresentam os itens do projeto e da edificação a serem avaliados e suas respectivas marcas de referência são disponibilizados ao público, além disso, manuais e diretrizes para a utilização das ferramentas de avaliação também são fornecidos. Tais ferramentas não são direcionadas para a certificação e marketing de edificações, mas sim para a propagação do conhecimento e das técnicas necessárias à realização de projetos e edifícios mais sustentáveis.
SBAT/ (África do Sul)	
ASUS (Brasil/ Espírito Santo)	

Ferramenta/ Origem	Condição de Uso
CASBEE (Japão)	LIVRE/PRIVADA - Os documentos que apresentam os itens do projeto e da edificação a serem avaliados e suas respectivas marcas de referência são disponibilizados ao público, além disso, manuais e diretrizes para a utilização das ferramentas de avaliação também são fornecidos. Porém essas ferramentas também são direcionadas para a certificação e marketing de edifícios mais sustentáveis e para isso, os interessados devem pagar pelo processo de avaliação e pela consultoria de profissional credenciado pela instituição.
GREEN STAR (Austrália)	

Fonte: JAPAN GREEN...; JAPAN SUSTAINABLE..., acesso em 15 fev. 2012; GREEN..., acesso em 14 fev. 2012; DIAS *et al.*, 2010; FOSSATI, 2008; SOUZA, 2008.

3.3 RELEVÂNCIA DOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO NA BUSCA POR EDIFÍCIOS MAIS SUSTENTÁVEIS

Os materiais de construção se destacam por provocar significativos impactos ambientais, ocasionados devido à grande utilização no setor da construção civil e por serem, na maioria das vezes, de origem não renovável. Pesquisas mostram que uma porcentagem alta dos recursos naturais consumidos no planeta se destina à produção de materiais para o setor da construção civil (SILVA, 2007; JOHN; SILVA; AGOPYAN, 2001), o que evidencia a importância do tema quando o objetivo é a realização de construções mais sustentáveis e justifica a necessidade de se avaliar os materiais de forma separada e destacada (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Motta e Aguilar (2009) afirmam que o conceito de sustentabilidade deve estar presente desde o início da concepção do edifício. Quando se trata de materiais de construção, portanto, é importante que o especificador ou projetista já leve em consideração, na seleção dos materiais, os impactos advindos desde a extração de suas respectivas matérias primas, passando pelos processos de beneficiamento e transporte, até o uso e destino final. Para John, Oliveira e Agopyan (2006, s/p), “o uso de recomendações para materiais ambientalmente preferíveis é a melhor opção, mas os requisitos devem ser formulados em detalhes, no sentido de controlar os resultados em termos de desempenho ambiental”. Desse modo, é indiscutível a necessidade de proposição de requisitos que orientem e avaliem adequadamente a seleção de materiais mais sustentáveis.

3.3.1 Seleção de materiais mais sustentáveis – instrumento em desenvolvimento por Bissoli-Dalvi (2012)

O instrumento em desenvolvimento por Bissoli-Dalvi (2012) é um instrumento que busca auxiliar os profissionais da construção civil na escolha de materiais de construção alicerçados nos princípios da sustentabilidade, almejando também ser de fácil utilização. Tal Ferramenta utiliza a plataforma *Microsoft Office Excel* para inserção de dados e processamento de resultados, por ser mais amigável ao conhecimento básico dos projetistas (BISSOLI *et al.*, 2011).

O instrumento apresenta uma série de critérios que avaliam os materiais de construção abordando seus impactos nas diversas fases do ciclo de vida e suas características que influenciam os vários aspectos de uma edificação: manutenção, durabilidade, conforto térmico, conforto lumínico, conforto acústico, qualidade do ar no interior da edificação, entre outros. A seleção dos critérios foi feita levando-se em conta a abrangência da avaliação a ser realizada pela Ferramenta e a exequibilidade dessa, uma vez que a consideração de muitos critérios de avaliação culminaria em uma análise de alto custo, que exigiria muito tempo dos profissionais e que poderia dificultar seu entendimento e sua utilização pelo projetista em seu dia-a-dia. Por outro lado, se os indicadores são poucos, a análise pode se tornar inconsistente com a realidade por deixar de abordar temáticas relevantes à sustentabilidade (BISSOLI *et al.*, 2011).

O desempenho obtido pelo material em cada critério é medido em uma escala de graduação com os seguintes níveis: Prática Negativa (-1), Desempenho Mínimo (0), Desempenho Bom (+3) e Prática de Excelência (+5), semelhante ao conceito adotado pela *SBTool* e *ASUS* (BISSOLI *et al.*, 2011). Cada nível apresenta uma marca de referência, ou seja, uma estratégia a ser realizada ou um valor máximo ou mínimo a ser atingido para que o material alcance determinada pontuação. Assim, à medida que o material alcança melhores desempenhos, mais próximo da situação ideal daquele critério ele está. Para apresentar a estrutura de um critério foi elaborado o quadro 4, no qual são apresentados os níveis de desempenho e as marcas de referência equivalentes (BISSOLI *et al.*, 2011).

QUADRO 4 – Exemplo de estrutura de um critério da Ferramenta em desenvolvimento por Bissoli-Dalvi (2012).

CRITÉRIO	MARCAS DE REFERÊNCIA	
Possui conteúdo reciclado	5	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual superior a 25%
	3	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual de 10% a 25%
	0	Os elementos reciclados que constituem o material somam um percentual de até 10%
	-1	Não possui conteúdo reciclado

Fonte: BISSOLI-DALVI, 2012.

Após obter o desempenho do material em todos os critérios é realizada a média ponderada dos valores atingidos, conseguindo-se, com isso, o desempenho geral do material em relação à sustentabilidade. A escala de graduação do desempenho geral do material segue a lógica da escala de graduação de desempenho nos critérios, também similar ao que ocorre na Ferramenta *ASUS*. Assim, ainda segundo Bissoli *et al* (2011) essa é dividida em: Aceitabilidade Nula (Desempenho Geral < 0), Aceitabilidade Baixa ($0 \leq$ Desempenho Geral < 2), Aceitabilidade Moderada ($2 \leq$ Desempenho Geral < 3), Aceitabilidade Boa ($3 \leq$ Desempenho Geral < 4), Aceitabilidade Elevada ($4 \leq$ Desempenho Geral).

Assim, a partir do estudo das metodologias de avaliação da sustentabilidade citadas foram pré-definidos os materiais de construção e técnicas construtivas mais adequados ao projeto do Núcleo de Estudos Multidisciplinares do Centro de Artes da UFES e ao seu contexto,

sendo realizado o julgamento inicial de quais são mais sustentáveis. Esse processo, assim como o projeto proposto para o NEM-CAR são descritos nos próximos itens.

4. APLICAÇÃO DOS CONCEITOS DE SELEÇÃO DE MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS MAIS SUSTENTÁVEIS NO PROJETO DO NEM-CAR - UFES

A partir do estudo das ferramentas de avaliação de edifícios, da ACV, da ferramenta em desenvolvimento por Bissoli-Dalvi (2012), da identificação dos possíveis materiais de construção, das características do terreno de implantação e do programa arquitetônico do edifício pretendido, iniciou-se o processo de projeção. Com o desenvolvimento do projeto analisou-se os materiais pré-selecionados para o NEM-CAR a partir da aplicação dos conceitos que embasam as metodologias de avaliação de sustentabilidade citadas – materiais com resíduos, reuso de materiais, sua durabilidade, energia incorporada, entre outros –, buscando-se compreender quão adequados ao projeto e ao seu contexto eles são e, com isso, fazer as alterações necessárias na escolha dos materiais de construção e técnicas construtivas para o alcance de um edifício mais sustentável.

4.1 TERRENO DE IMPLANTAÇÃO E PROGRAMA DE NECESSIDADES DO EDIFÍCIO

4.1.1 Localização e características do terreno

O terreno selecionado para a implantação do edifício NEM-CAR localiza-se em Vitória, no Campus Alaor de Queiroz Araújo, conhecido como Campus de Goiabeiras, da Universidade Federal do Espírito Santo, entre os prédios CEMUNI I e CEMUNI II e um estacionamento da universidade (figuras 2, 3 e 4). Quanto ao zoneamento relacionado ao Plano Diretor do município, se localiza na Zona de Equipamentos Especiais 3, ou ZEE 3. Uma das razões que embasaram a escolha de tal terreno foi o fato deste já ter sido selecionado para a implantação de um edifício da universidade de semelhantes funções e porte, com aval da comunidade acadêmica do Centro de Artes da UFES. Embora a edificação nunca tenha sido construída, manteve-se o conceito de localização da mesma.

O local, assim como quase toda a área do Campus, é uma das regiões aterradas na década de 1960 em virtude da política governamental de expansão da área territorial do município de Vitória iniciada no princípio do século XX e em função de sua preparação para a execução do projeto do Campus de Goiabeiras. Anteriormente ao aterramento o Campus era ocupado por manguezal, restinga e ilhas. Estas, devido aos aterros se integraram ao novo território, deixando de sê-las (CONTRIBUIÇÕES..., 1991). Vale ressaltar que o terreno selecionado é praticamente plano, possuindo em algumas áreas desníveis de apenas alguns centímetros.

Atualmente há algumas árvores de pequeno e médio porte no terreno e várias de grande porte em seu redor, sendo por isso bastante sombreado, como pode ser observado nas figuras 5, 6 e 7. A existência de árvores de tal tamanho é bastante desejável para o local uma vez que os edifícios ao redor são de baixo gabarito – um ou dois pavimentos – e por isso fazem pouca sombra sobre o terreno e também farão pouca sombra sobre o edifício projetado. Além disso, as árvores também amenizam os impactos do clima tropical úmido da cidade de Vitória, que possui temperaturas mínimas médias de 24,4°C e máximas médias de

34,4°C (PREFEITURA..., acesso em 27 fev. 2012). Outro fator que também contribui para o conforto térmico das pessoas nos edifícios é a presença de vento, que no caso de Vitória, provém na maior parte do tempo da direção nordeste e, em seguida da direção norte. Ainda, os ventos provenientes das direções norte, nordeste e também leste são os que atingem na maior parte do ano as maiores velocidades predominantes – cerca de 7m/s.



- | | |
|---|---|
| <p>.....</p> <p>Limites aproximados do terreno
selecionado para o projeto</p> | <p>.....</p> <p>Limites aproximados do
Campus de Goiabeiras</p> |
|---|---|

FIGURA 2: Terreno selecionado para o projeto no Campus de Goiabeiras - UFES. Fonte: GOOGLE INC., 2011 (modificado).



..... Limites aproximados do terreno selecionado para o projeto

FIGURA 3: Terreno selecionado para o projeto – Centro de Artes – UFES. Fonte: GOOGLE INC., 2011 (modificado).

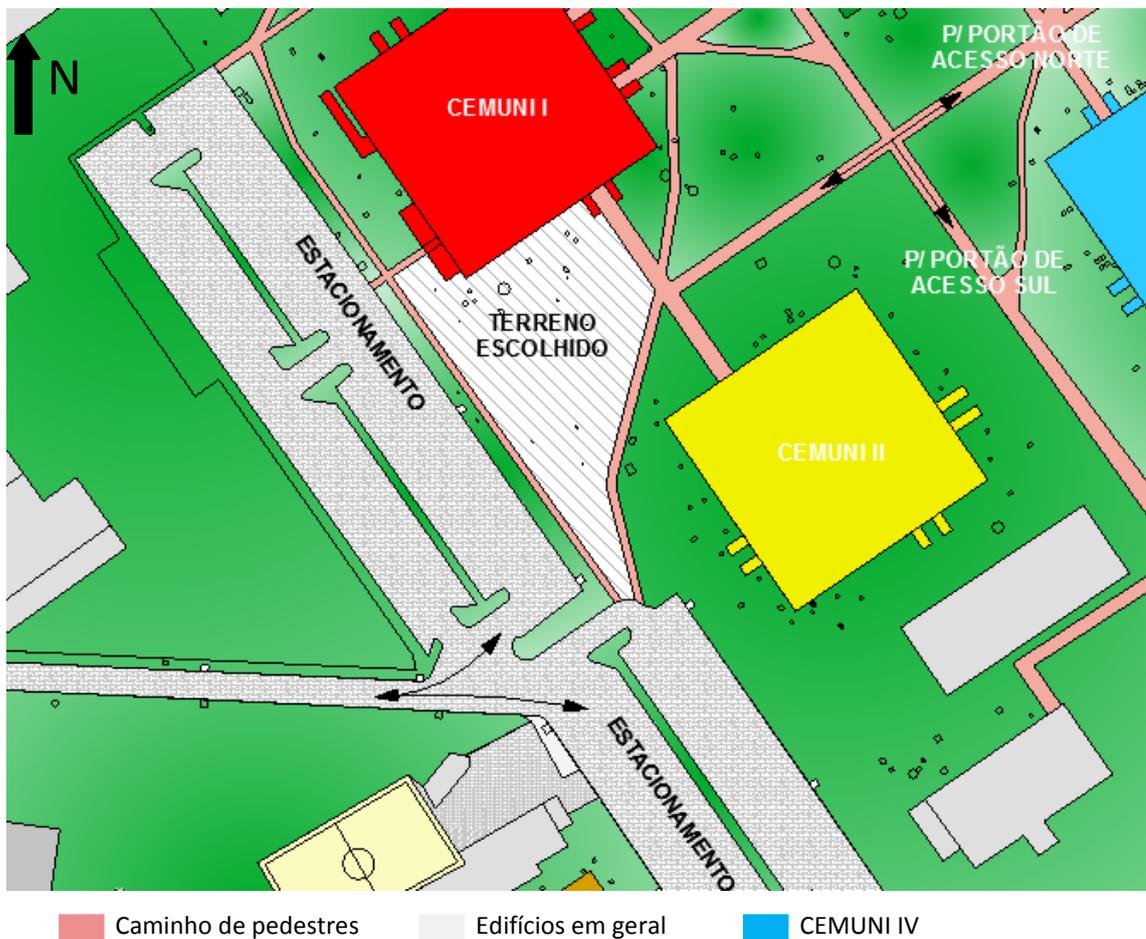


FIGURA 4: Planta esquemática do terreno selecionado para o projeto e seu entorno. Fonte: UNIVERSIDADE..., 2006 (modificado).



FIGURA 5: Foto mostrando o terreno escolhido (delimitado por linha tracejada azul), o CEMUNI I (ao fundo) e o estacionamento (à esquerda).



FIGURA 6: Foto mostrando em primeiro plano o estacionamento, à esquerda o CEMUNI I e o terreno escolhido, delimitado por linha tracejada azul.



FIGURA 7: Foto tirada do fundo do terreno escolhido, delimitado por linha tracejada azul. À esquerda o CEMUNI II, ao fundo o estacionamento com poucos carros.

4.1.2 Programa arquitetônico do edifício

Por ser um prédio de ensino e pesquisa, onde ocorrerão aulas, seminários e desenvolvimento de pesquisas e trabalhos acadêmicos, o NEM-CAR possui programa de arquitetura composto por ambientes relacionados diretamente a tais atividades e por aqueles que dão suporte ao funcionamento do prédio e à realização de atividades por seus usuários. O primeiro grupo é composto por: salas multidisciplinares, laboratório multidisciplinar de aprendizagem, laboratório de ensino aprofundado, biblioteca, salas de professores e sala de reunião. Por sua vez, o segundo grupo é composto por: almoxarifado, secretaria, copa, sanitários e área de convívio.

Com relação aos veículos, já existe um estacionamento ao lado do terreno para o NEM-CAR (figura 7), e que está subutilizado. Desse modo, não há a necessidade de se criar infraestrutura destinada ao estacionamento de veículos automotores.

4.2 PROJETO ARQUITETÔNICO

Volumetricamente o NEM-CAR é composto por uma abóbada que se desenvolve ao longo da maior dimensão do edifício e que é transpassada horizontalmente por quatro paralelepípedos, dois no primeiro pavimento e dois no segundo, e verticalmente por um outro, onde se situam os sanitários, elevador e caixa d'água (figura 8).



— — — Paralelepípedos horizontais ····· Paralelepípedo vertical

FIGURA 8: Formas básicas que compõem a volumetria do NEM-CAR.

O prédio proposto difere em volumetria e em vários aspectos de sua linguagem arquitetônica dos edifícios existentes no local, os CEMUNIs. Entretanto, pensa-se que tal diferenciação é válida como estratégia de implantação e desenvolvimento de projeto, não devendo um novo prédio ter, obrigatoriamente, de se assemelhar aos já existentes em determinado lugar, podendo a diferença ser sua principal característica e modo de romper com a repetição e uniformidade das construções presentes. A distinção de uma construção que está inserida em um conjunto de edificações com a mesma linguagem arquitetônica enfatiza as características de ambos, contribuindo para a noção de identidade desses. Entretanto, não se prezou pela desarmonia do edifício proposto com o contexto circundante. Assim, considera-se que ao mesmo tempo em que sua volumetria e características construtivas contrastam com as edificações vizinhas, (altura, forma e materiais diferentes dos existentes nestes), o NEM-CAR também se integra à paisagem devido à disposição de suas janelas (que não é igual ao ritmo das encontradas nos CEMUNIs, mas possui uma extensa repetição como esses), à cor do tijolo aparente utilizado e à vegetação empregada tanto em sua cobertura quanto em seu interior e arredores, mesclando o verde e tons de terra existentes no edifício proposto às cores das árvores, gramados e outros elementos naturais presentes no local (figura 9).



FIGURA 9: Extensa repetição de aberturas no NEM-CAR, semelhante ao que ocorre nos CEMUNIs, e sua integração à paisagem por meio das cores existentes em seus elementos construtivos.

Vale ressaltar que foi criado um espaço que objetiva integrar fisicamente o edifício proposto aos prédios vizinhos, conectá-los e, com isso, contribuir para que o NEM-CAR seja entendido como parte de um conjunto (figura 10). Sua implantação foi pensada visando a conformação de um espaço de vivência entre os CEMUNIs (figuras 11 e 12), em conjunto com um prédio existente (a Biblioteca do Centro de Artes) e um outro em construção.



FIGURA 10: Espaço para integração do NEM-CAR aos prédios vizinhos.

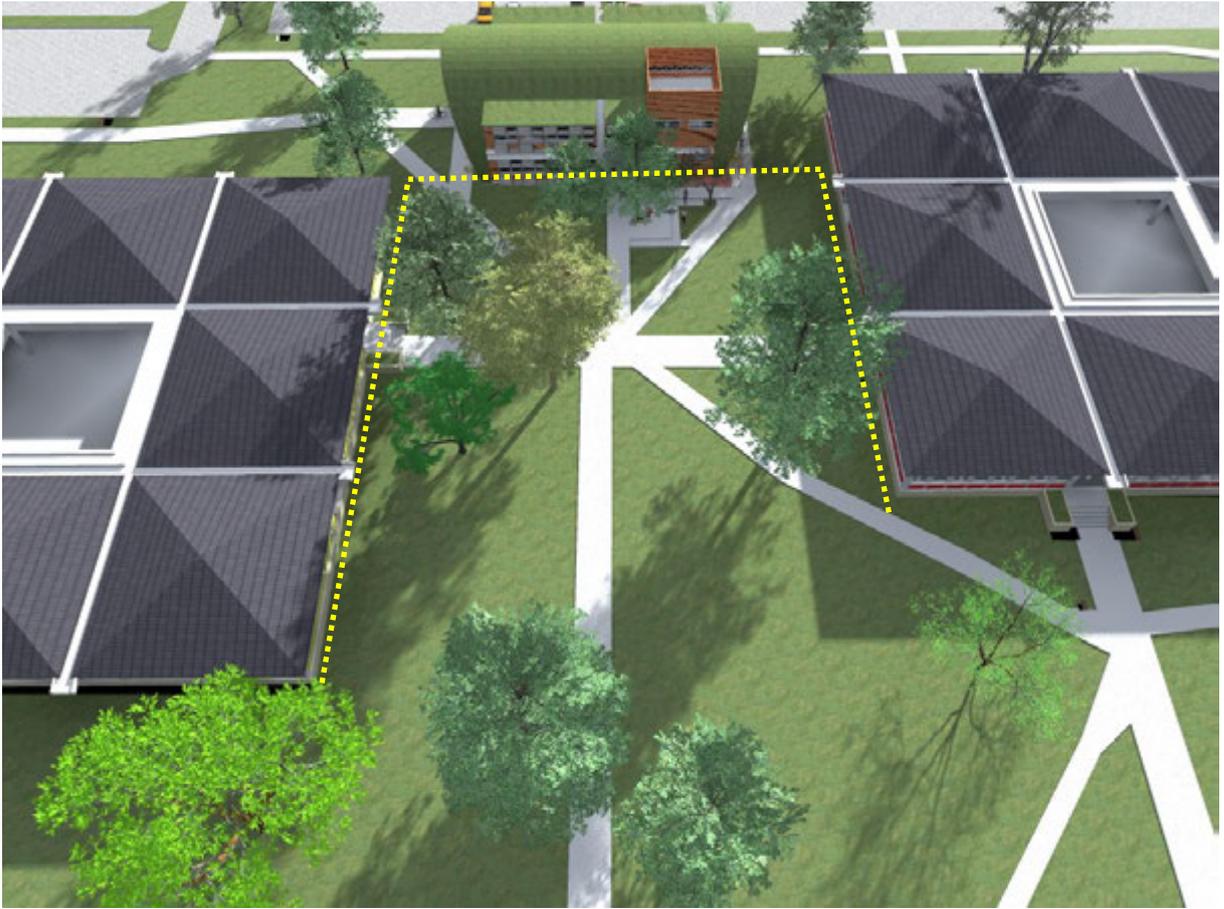


FIGURA 11: Espaço conformado pelos CEMUNIS I e II e NEM-CAR. Vista aérea



FIGURA 12: Espaço conformado pelos CEMUNIS I e II e NEM-CAR. Vista do observador.

O NEM-CAR possui, em projeção, dimensões máximas de 28,75 metros de comprimento, 18,70 metros de largura e 10,05 metros de altura. Não se levando em consideração a cobertura, que avança sobre o terreno, e a torre de caixa d'água o volume do edifício possui 22,50 metros de comprimento, 17,70 metros de largura e 9,05 metros de altura. O edifício projetado está afastado do CEMUNI I 8,00 metros, do CEMUNI II 9,50 metros e 2,00 metros dos caminhos de pedestres ao seu redor – em relação aos pontos mais próximos ao edifício (figuras 13 e 14).

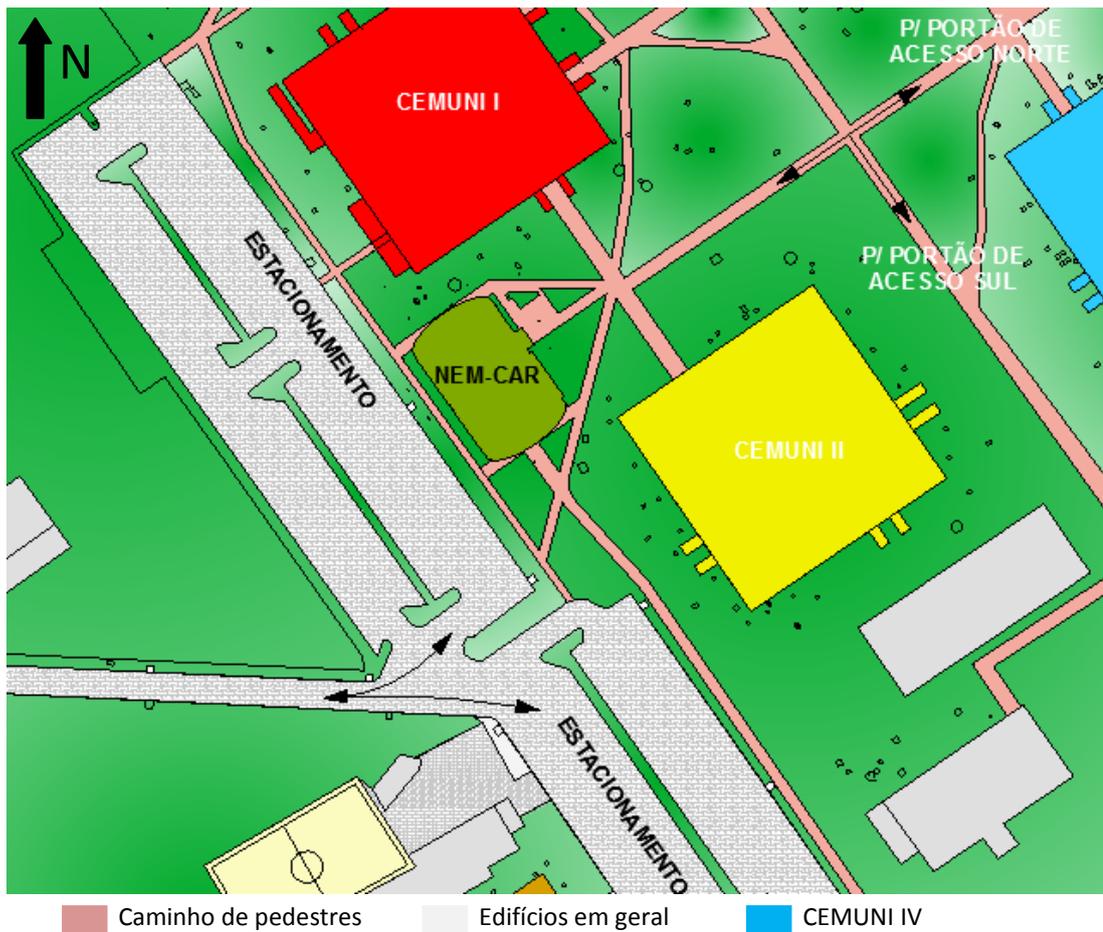


FIGURA 13: Planta esquemática de implantação do NEM-CAR.

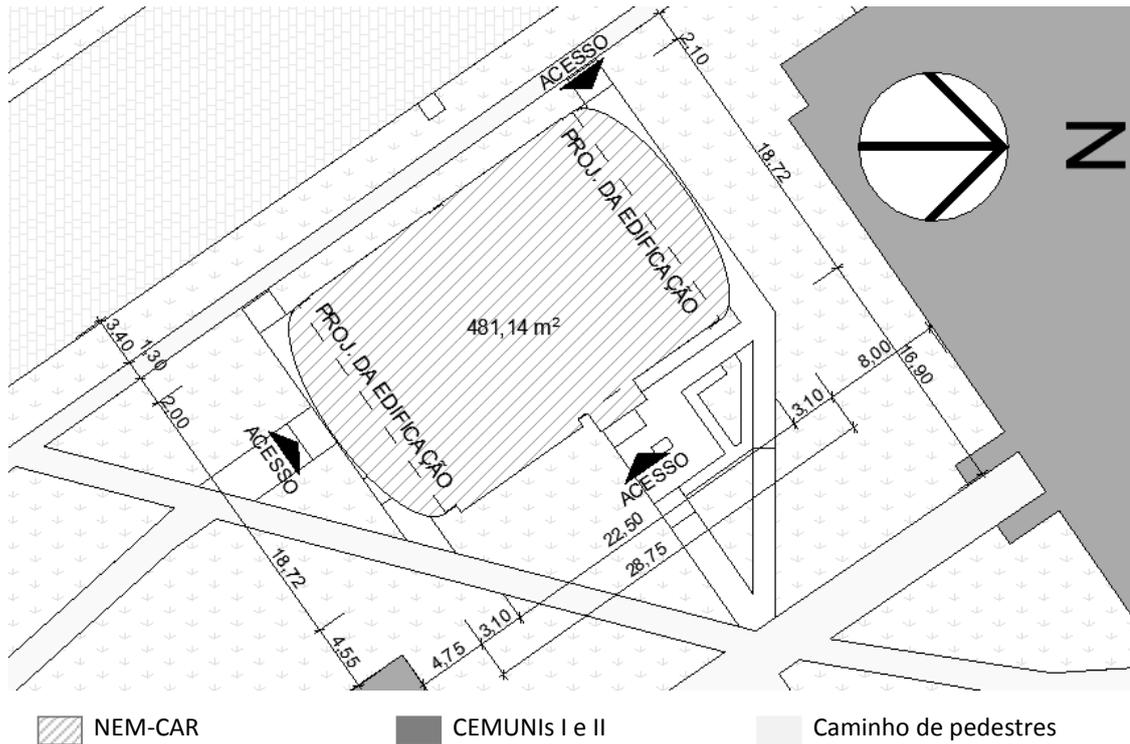


FIGURA 14: Planta de implantação do NEM-CAR.

Ressalta-se que, em relação aos CEMUNIs I e II, o edifício proposto invade o afastamento mínimo desses prédios exigido pelo atual Plano Diretor Físico do Campus de Goiabeiras (figura 15), que prevê que esse seja igual à altura do edifício proposto somado a altura do prédio vizinho (UNIVERSIDADE..., 2008). Tal decisão foi tomada levando-se em conta que o Plano Diretor atual está em revisão e que o afastamento mínimo entre dois determinados edifícios será reduzido. Entretanto, as soluções de projeto prezaram pela manutenção de uma distância mínima entre o NEM-CAR e os CEMUNIs I e II que proporcionasse iluminação e ventilação adequadas, além de visibilidade aos três edifícios e ambiência agradável na área entre eles (figuras 16 e 17).

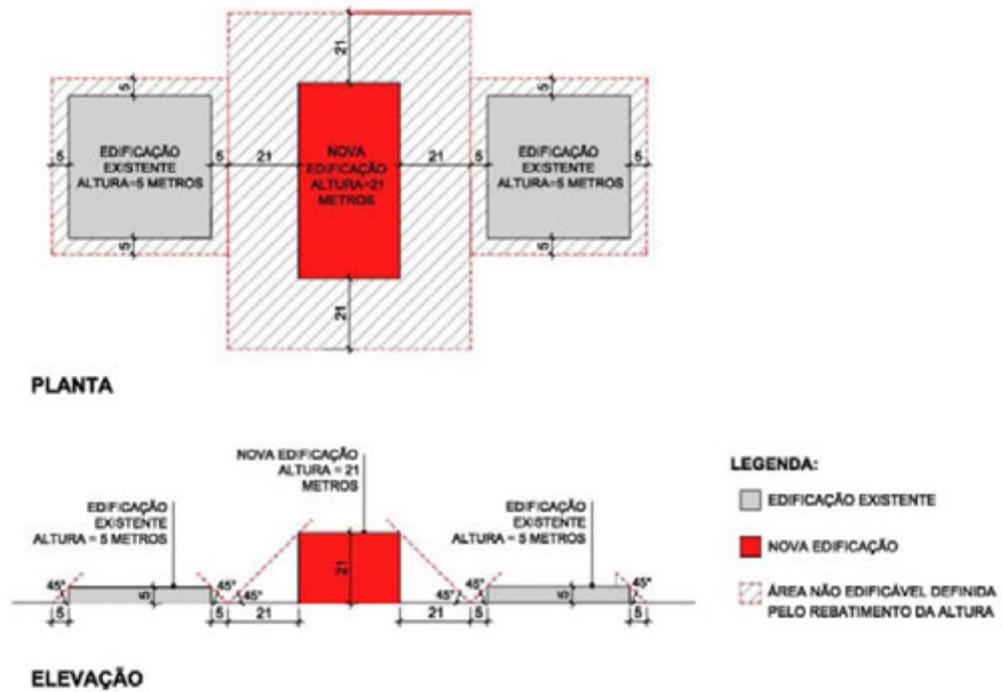


FIGURA 15: Afastamento entre edifícios exigido pelo atual Plano Diretor Físico do Campus de Goiabeiras. Fonte: UNIVERSIDADE..., 2008, p. 55.

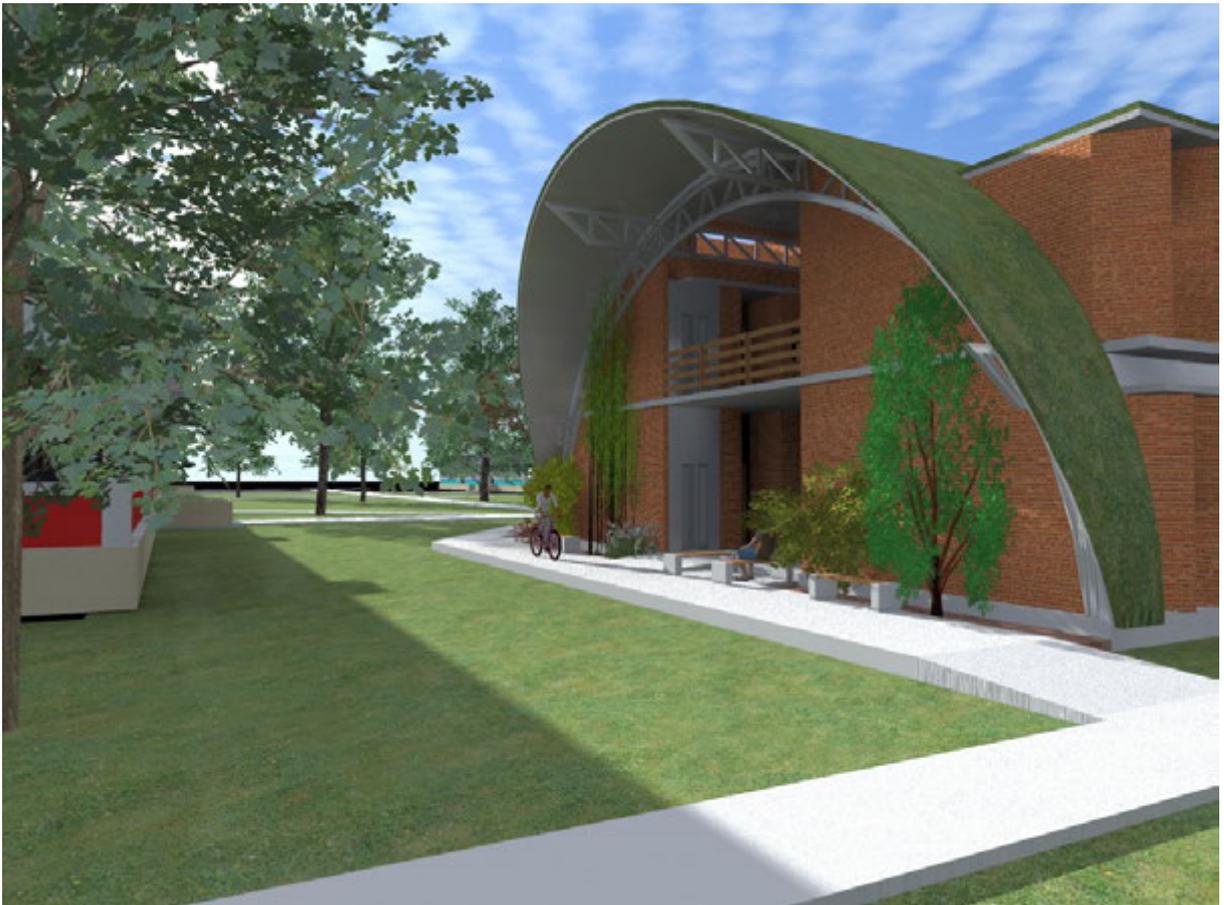


FIGURA 16: Espaço existente entre o CEMUNI I e o NEM-CAR. Vista do observador.



FIGURA 17: Espaço existente entre o CEMUNI II e o NEM-CAR. Vista do observador.

Quanto a sua planta baixa, o prédio projetado tem forma semelhante à de um retângulo e suas fachadas estão voltadas aproximadamente para as direções sudoeste, sudeste, noroeste e nordeste. Sua área construída total é igual a $743,5\text{m}^2$, enquanto que a área do 1º pavimento (térreo) equivale a $382,5\text{m}^2$ (figura 18), a do 2º pavimento $323,5\text{m}^2$ (figura 19), a da área técnica localizada na cobertura do prédio $37,5\text{m}^2$ (figura 20) e sua área de projeção é igual $481,14\text{m}^2$ (figura 14). Na figura 21 pode ser observado um corte mostrando parte da setorização dos ambientes do NEM-CAR.

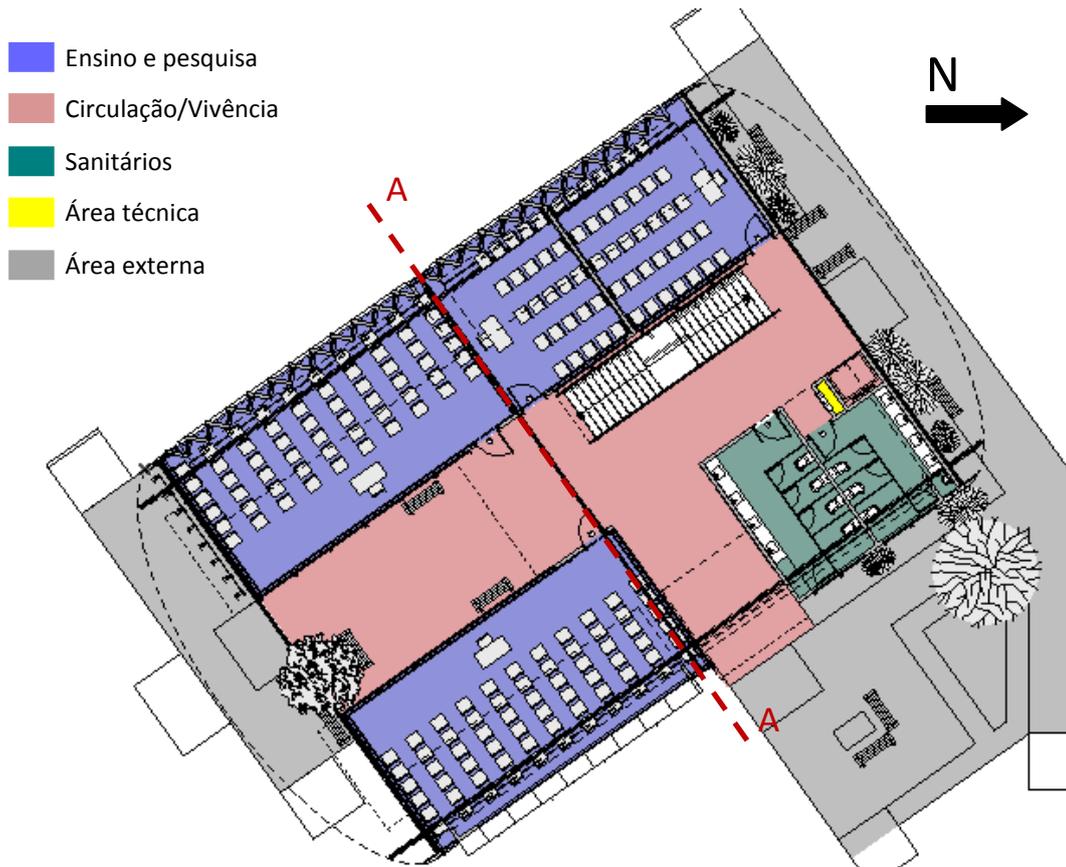


FIGURA 18: Planta baixa esquemática do 1º pavimento, térreo, do NEM-CAR e sua setorização.

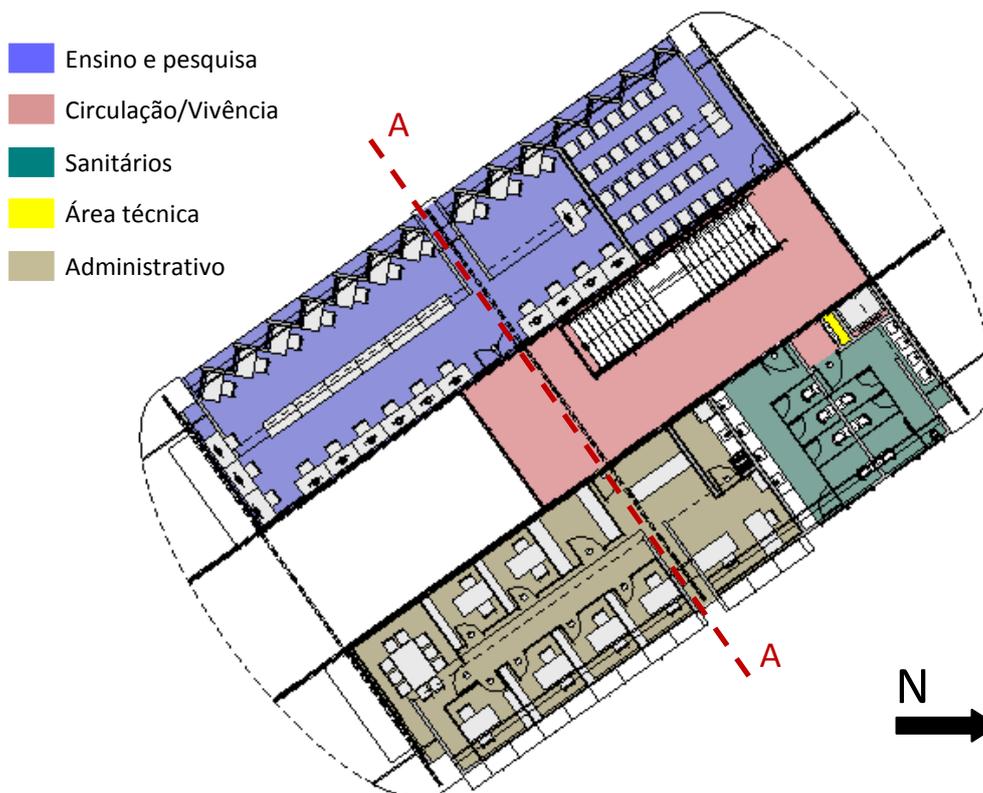


FIGURA 19: Planta baixa esquemática do 2º pavimento do NEM-CAR e sua setorização.

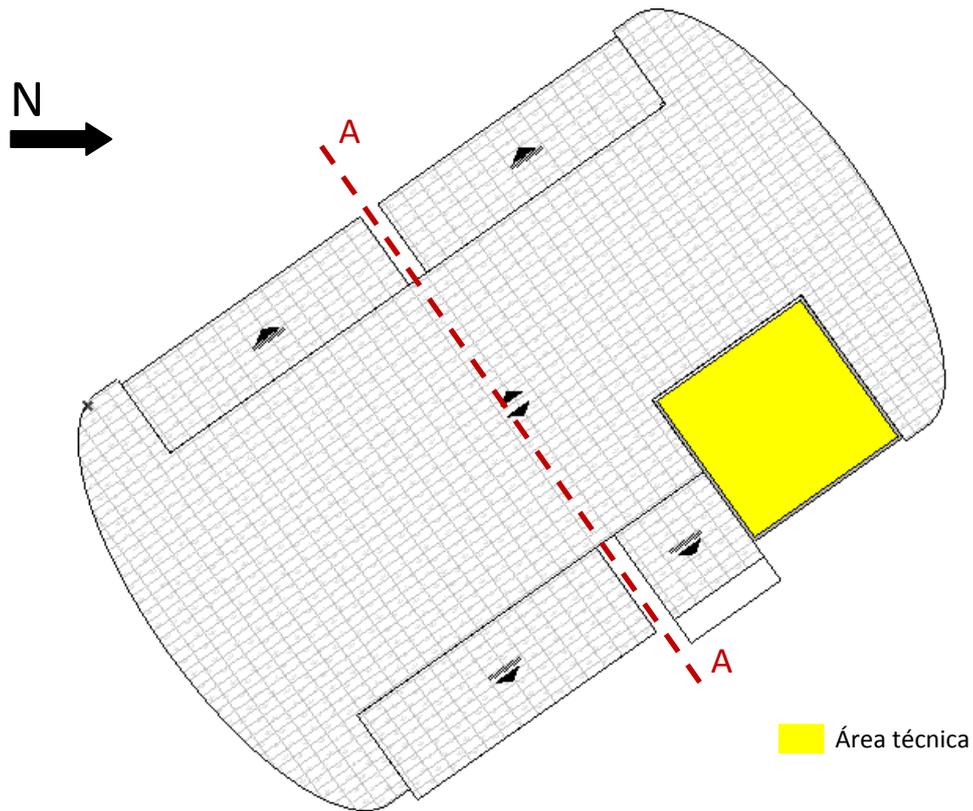


FIGURA 20: Planta de cobertura esquemática do NEM-CAR e sua setorização.

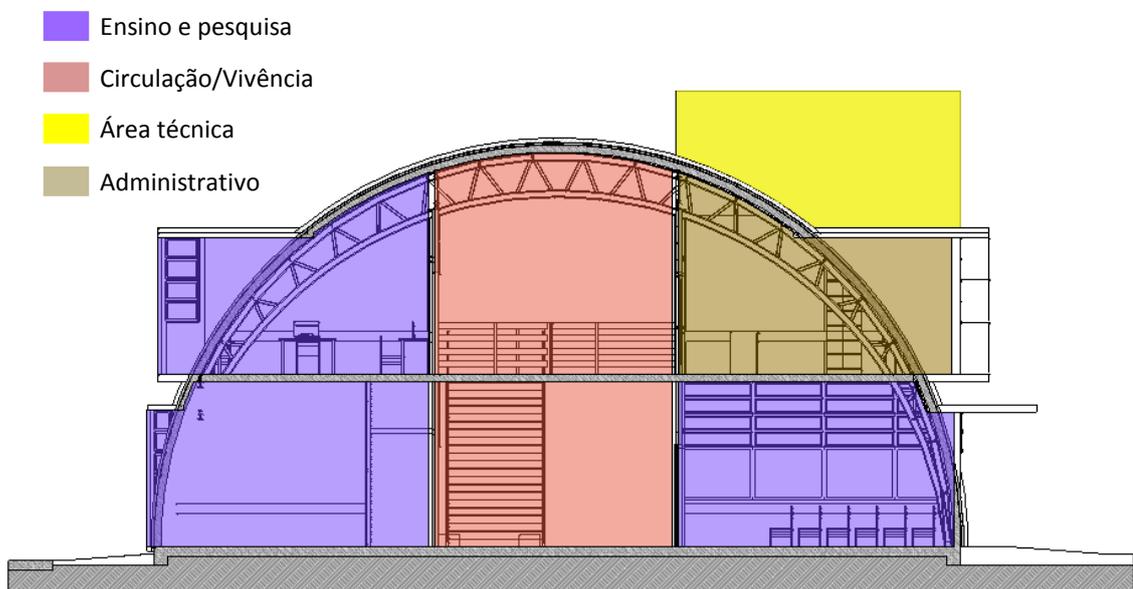


FIGURA 21: Corte AA esquemático do NEM-CAR e sua setorização.

Em relação ao conforto térmico e às estratégias de sombreamento, por receber grande insolação nos períodos mais quentes do dia e durante todo o ano, a fachada sudoeste foi trabalhada de modo a conter considerável quantidade de aberturas para o exterior a fim de proporcionar iluminação natural aos ambientes adjacentes a ela, porém protegendo-os da radiação solar direta e, assim, maximizando o conforto térmico dos usuários. Para isso, as

aberturas presentes nessa fachada foram redirecionadas em direção ao sul e sombreadas pela própria alvenaria (figuras 22 e 23).

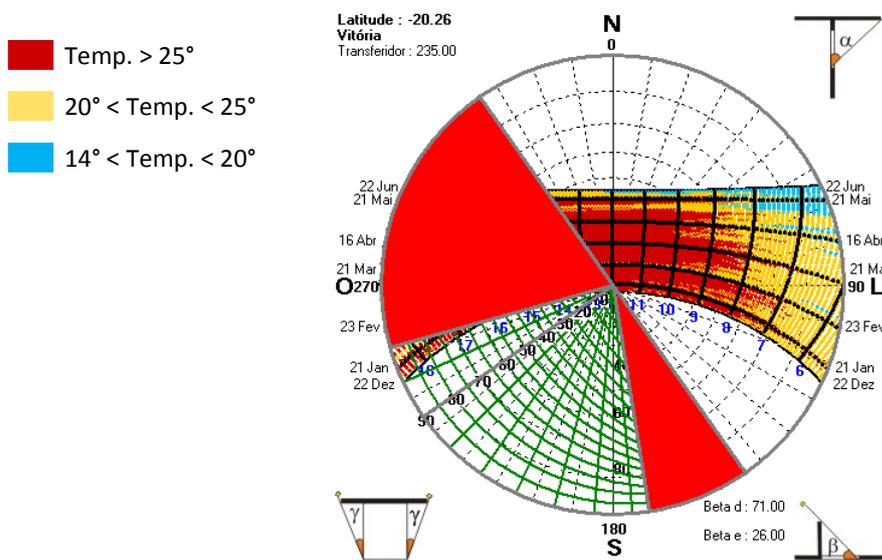


FIGURA 22: Carta solar com indicação, em vermelho, dos horários que as aberturas da fachada sudoeste estão protegidas do sol.



FIGURA 23: Fachada sudoeste: redirecionamento das aberturas para entrada de iluminação natural e proteção contra a intensa insolação.

Assim como a fachada sudoeste, a fachada nordeste também recebe forte insolação, entretanto esta ocorre predominantemente no período da manhã, quando ocorrem as temperaturas mais baixas e as mais altas possuem frequência reduzida. Entretanto, nesta direção há várias árvores de grande porte no terreno, proporcionando sombreamento considerável. Assim, a proteção dos ambientes internos contra a radiação solar direta também se fez necessária, porém com medidas diferentes (figuras 24 e 25).

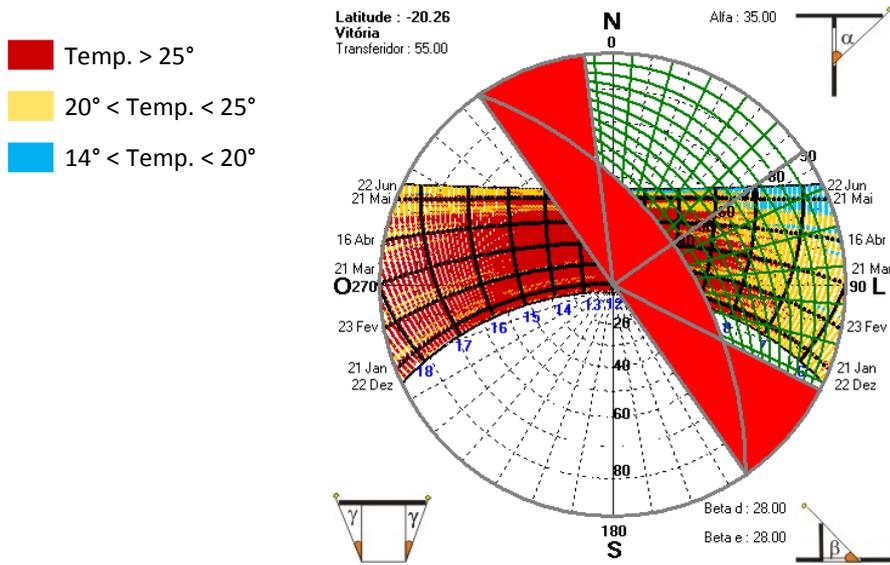


FIGURA 24: Carta solar com indicação, em vermelho, dos horários que as aberturas da fachada nordeste estão protegidas do sol.



FIGURA 25: Fachada nordeste: soluções distintas da fachada sudoeste devido à forte insolação, porém com presença de árvores de grande porte ao lado.

Para a fachada noroeste optou-se pelo não emprego de aberturas já que ela recebe uma quantidade de insolação ainda maior que a fachada sudoeste. Por isso, nos ambientes adjacentes a esta fachada foram empregadas janelas em paredes voltadas para outras orientações (figuras 26 e 27).

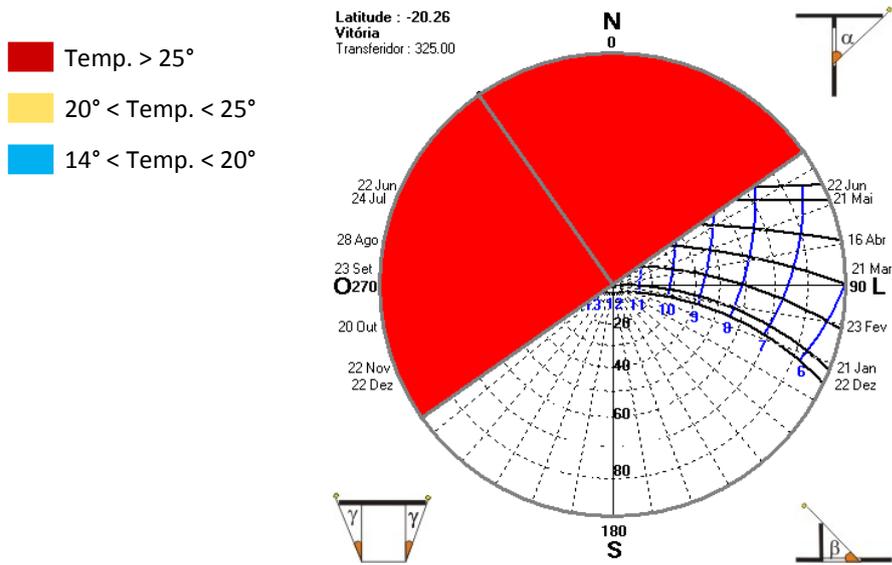


FIGURA 26: Carta solar com indicação, em vermelho, dos horários que as aberturas da fachada noroeste estão protegidas do sol.

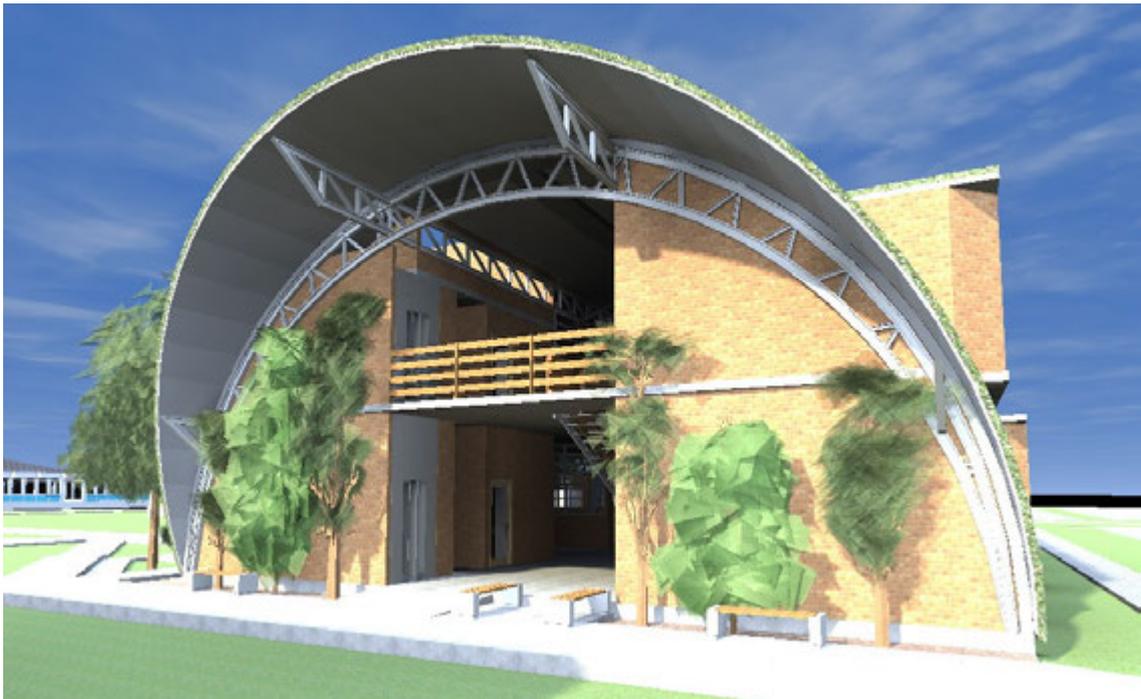


FIGURA 27: Fachada noroeste: ausência de aberturas visando à redução da carga térmica dos ambientes adjacentes.

Por outro lado, para a fachada sudeste optou-se por colocar grande quantidade de aberturas almejando-se captar maior luminosidade para o edifício, porém com emprego de alguns anteparos para barrar o sol nos períodos mais quentes (figuras 28 e 29).

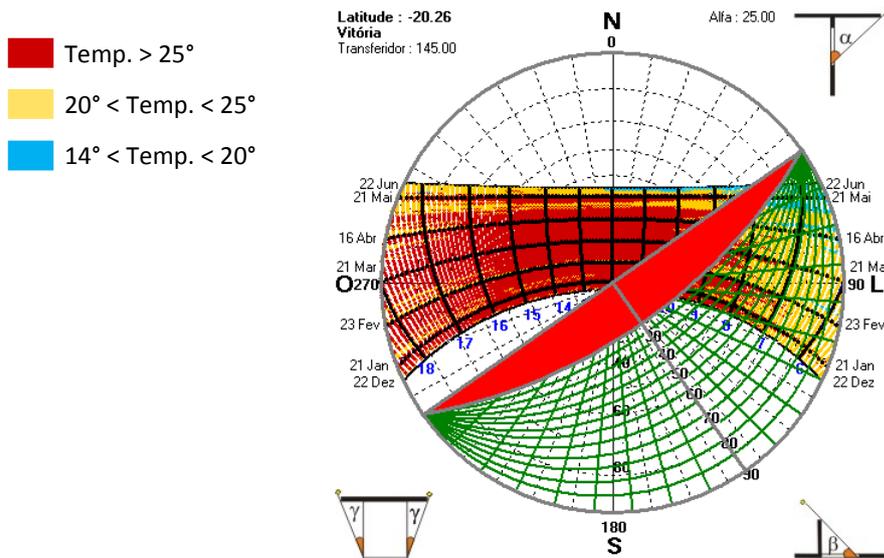


FIGURA 28: Carta solar com indicação, em vermelho, dos horários que as aberturas da fachada sudeste estão protegidas do sol.



FIGURA 29: Fachada sudeste: emprego de grande quantidade de aberturas.

Para proporcionar aeração e ventilação ao NEM-CAR e maior conforto térmico aos usuários projetou-se aberturas em todos os ambientes, além de um vão central que também atua como circulação principal da edificação e área de vivência para os usuários do local (figura 30). O pé-direito dos ambientes é sempre superior a 3,50m, chegando a ser superior a 8m em uma das entradas do edifício, e as aberturas voltadas à circulação principal mencionada anteriormente possuem suas bases alinhadas ao topo das portas (figura 31). Busca-se, com essas estratégias, correntes de ar que resfriem os ambientes, mas que não interfiram na realização das atividades que ocorrem neles. Porém, outra razão para que as aberturas voltadas à circulação principal tenham peitoril elevado (210cm) é para que não diminuam, quando abertas, a área útil da circulação/vivência.



FIGURA 30: Vão central criado para circulação e vivência das pessoas.

Posicionaram-se as aberturas, ainda, sempre em lados opostos, a fim de se obter a desejável ventilação cruzada (figura 32). Essas soluções foram idealizadas para atuar em conjunto, facilitando a circulação de ar e vento por todo o prédio.



FIGURA 31: Linhas tracejadas amarelas mostrando o alinhamento das bases das janelas basculantes com o topo das portas no vão central do edifício.



FIGURA 32: Aberturas em lados opostos para propiciar a ventilação cruzada.

Vale ressaltar que a implantação do NEM-CAR no terreno foi pensada para evitar ao máximo o corte de árvores, de modo que uma de pequeno porte foi incorporada ao edifício, que pode ser vista na figura 29, e apenas outra, também de pequeno porte, terá de sofrer corte ou relocação. Buscou-se, assim, maior sombreamento do prédio, maior conforto térmico dos usuários, diminuição da temperatura em seu entorno (BARBOSA; VECCHIA, 2007), melhoria na ambiência e humanização do espaço interno e externo do NEM-CAR.

Mesmo com a aplicação das várias soluções bioclimáticas citadas foi projetado o sistema de ar-condicionado *split* para os ambientes de ocupação prolongada (salas de aula, biblioteca, sala de professores, secretaria, entre outros), sendo as unidades externas dos ar-condicionados localizadas na área técnica sobre os sanitários do edifício ou em caixas de concreto na fachada (explicadas em detalhe no subitem 4.2.2.1 – Estrutura, página 47). A previsão de sistema mecânico de condicionamento de ar foi feita visto que o clima quente e úmido de Vitória somado à maior taxa de ocupação dos espaços pode tornar os ambientes desconfortáveis termicamente em algumas épocas do ano, mesmo sendo adotadas estratégias bioclimáticas.

A fim de alcançar um projeto arquitetônico mais apurado e detalhado foi realizado, baseando-se em bibliografia específica, o pré-dimensionamento das estruturas propostas: arco metálico treliçado, treliças metálicas planas e lajes de concreto. Além disso, foi feito o

cálculo do consumo de água previsto para a edificação (APÊNDICE A) e, a partir dele, do reservatório de água necessário a seu funcionamento.

4.2.1 Soluções de projeto para economia de materiais utilizadas no NEM-CAR

Durante a elaboração do projeto foram pensadas várias maneiras de se reduzir o consumo de materiais, fator crucial para o alcance de edificações mais sustentáveis. Entre elas pode-se citar: a modulação e pré-fabricação idealizada para vários componentes; a adoção de sistema estrutural que demanda menor quantidade de material para suportar uma mesma carga estrutural; a compatibilização entre as dimensões do edifício e os vários elementos da obra (tijolos, esquadrias, revestimentos e estruturas de sombreamento); a previsão de *shaft* para passagem de tubulação hidrossanitária e a colocação de fiação elétrica e de lógica em eletrodutos aparentes, auxiliando a manutenção e reduzindo quebras e posterior consumo de materiais na realização de reparos.

No que tange a forma do prédio, a volumetria em forma de abóbada e o modo como foi utilizada no edifício auxiliam na redução do uso de materiais, uma vez que a cobertura em tal formato também funciona como parede externa do prédio em algumas áreas.

Ainda procurou-se reduzir ao máximo as áreas de circulação, pois essas não desempenham uma função produtiva nos espaços. Porém, como o programa da edificação exigia várias salas de aula, laboratórios, biblioteca, entre outros, a quantidade de circulações não poderia ser tão pequena. Por isso optou-se pelo aumento de suas dimensões e sua consequente transformação em áreas não só de circulação, mas de vivência para os usuários do local.

Algumas estratégias citadas, além de outras, são explicadas no item seguinte, no qual também se explicita os materiais selecionados para os componentes do NEM-CAR.

4.2.2 Materiais de construção especificados para o edifício proposto

O NEM-CAR foi projetado a partir de soluções de materiais e técnicas construtivas que almejam seguir o conceito de sustentabilidade e, assim, minimizar impactos ambientais, fomentar o desenvolvimento econômico e incentivar a justiça social. Porém, vale ressaltar que não há material sustentável, uma vez que o ciclo de vida de qualquer material sempre causará algum impacto. Assim, depende dos aspectos do ciclo de vida de certo material, do contexto e características do terreno de implantação de determinado edifício e das soluções propostas pelos próprios projetos (arquitetônicos, estruturais, hidrossanitários, elétricos e etc.) o alcance de resultados mais ou menos harmônicos ao conceito de sustentabilidade (OLIVEIRA, 2009; JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007).

Abaixo são apresentadas as partes do edifício e os materiais e soluções construtivas pensadas para elas, juntamente com suas características relacionadas à sustentabilidade.

4.2.2.1 Estrutura

Em aço foi projetada boa parte da estrutura que dá sustentação ao edifício, além da escada para acesso ao segundo pavimento. Os elementos de aço possuem como principais

características em relação à diminuição dos impactos ambientais o fato de serem totalmente recicláveis, poderem ser reciclados inúmeras vezes sem perda de qualidade, serem pré-fabricados e com isso proporcionarem maior controle da qualidade do material e consequente segurança aos usuários dos espaços onde são empregados, e diminuição no desperdício de matérias-primas durante sua fabricação. A estrutura em aço foi pensada para o projeto por possuir maior resistência mecânica aos esforços solicitantes e, por isso, suporta elevadas cargas e vence grandes vãos com peças mais leves e de menores dimensões (LABORATÓRIO..., acesso em 10 maio 2012; OLIVEIRA, 2009). No entanto, ressalta-se que, assim como todo material, o aço também impacta o meio ambiente devido a sua alta energia embutida², emissão de substâncias poluidoras durante a fabricação e ser proveniente de matéria-prima não renovável (OLIVEIRA, 2009).

Para os elementos em concreto armado (lajes de piso dos pavimentos e caixas na fachada nordeste) pensou-se na utilização do cimento Portland III (CP III), que emprega escória de aciaria e alto-forno em sua composição, ou seja, resíduos da produção de aço. A utilização da escória - cuja disponibilidade no mercado capixaba é grande devido a presença de empresas como a ArcelorMittal Tubarão e Gerdau Açominas - substitui entre 35% e 70% do clínquer que seria usado na mistura do cimento CP III, sendo o cimento Portland que apresenta o maior percentual de aproveitamento de resíduos (ARCELORMITTAL..., acesso em 19 jun. 2012; ARCELOR MITTAL..., acesso em 20 jun. 2012; DIAS *et al.*, 2011). Além disso, para as caixas de concreto armado - projetadas para as fachadas para atuarem como barreiras contra o sol e assim diminuir a carga térmica do edifício (figura 33) - foram criados três módulos semelhantes: o primeiro, com dimensões de 112,5cm de comprimento, 60,0cm de profundidade e 90,0cm de altura (quadro 5), foi utilizado 20 vezes no edifício; o segundo, múltiplo do anterior, possui dimensões de 225,0cm de comprimento, 60,0cm de profundidade e 90,0cm de altura (quadro 5), foi utilizado 9 vezes; já o terceiro possui dimensões de 112,5cm de comprimento, 60,0cm de profundidade e 110,0cm de altura (quadro 5), e foi utilizado 19 vezes. Assim, o fato de serem empregadas no projeto em quantidade considerável, possuírem volumetria simples e serem especificadas em módulos com dimensões semelhantes ou múltiplas, torna mais viável a pré-fabricação das caixas de concreto armado, um modo de execução mais racional e que utiliza menos materiais e produz menor quantidade de resíduos.

² Energia embutida ou energia incorporada: energia necessária para a fabricação de um produto. A análise pode ser feita desde a etapa de extração das matérias-primas até a distribuição do produto no mercado.



FIGURA 33: Algumas das caixas de concreto na fachada para sombreamento dos ambientes internos.

QUADRO 5: Caixas modulares de concreto, suas dimensões e quantidade utilizada no NEM-CAR.

CAIXAS MODULARES DE CONCRETO				
Comprimento (cm)	Largura (cm)	Altura (cm)	Quantidade (un)	Módulo
112,5	60,0	90,0	20	
225,0	60,0	90,0	9	
112,5	60,0	110,0	19	

Também foi pensada essa mesma técnica construtiva para a execução de alguns elementos estruturais do edifício - vigas e arcos - e que, assim como as caixas citadas, possuem várias repetições (figuras 34-36). Estes elementos foram pensados principalmente para apoiar algumas paredes do prédio, para servir de suporte à cobertura e seus elementos (telhas e perfis metálicos) e para conferir maior estabilidade à edificação.

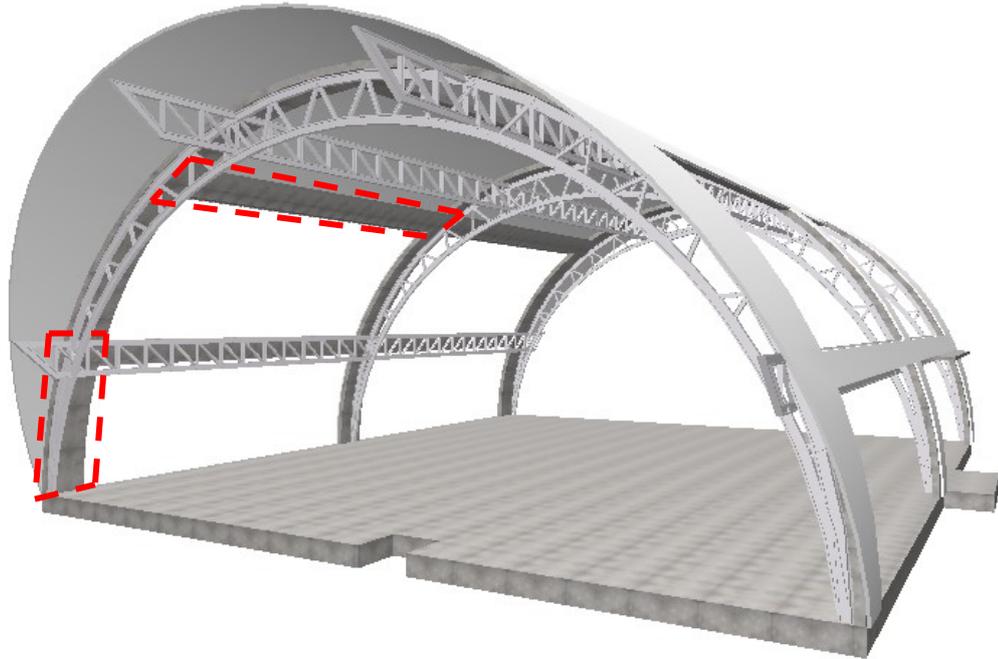


FIGURA 34: Imagem mostrando as vigas e arcos pré-moldados de concreto armado projetados para o NEM-CAR.



FIGURA 35: Viga pré-moldada de concreto armado projetado para o NEM-CAR. Utilizada no edifício 10 vezes.



FIGURA 36: Arco pré-moldado de concreto armado projetado para o NEM-CAR. Utilizado no edifício 18 vezes.

Ainda no âmbito da sustentabilidade, vale ressaltar que como resultado da pesquisa constatou-se que várias empresas na Grande Vitória e em outros municípios do estado elaboram e montam elementos de aço, como vigas e pilares, a partir de peças e chapas fabricadas por grandes empresas instaladas no Espírito Santo. O mesmo foi constatado para artefatos de concreto, que podem ser produzidos a partir de cimento confeccionado pelas várias fábricas situadas em território capixaba. Com isso, diminui-se a distância que esses elementos deverão ser transportados, reduzindo o consumo de combustíveis, e ainda estimula-se o desenvolvimento econômico local.

Quanto às desvantagens do concreto armado relacionadas à sustentabilidade pode-se citar a alta emissão de poluentes na fabricação de cimento; o fato de ser composto por matérias-primas não renováveis; e suas peças possuem maior volume e peso, solicitando de forma mais intensa a estrutura da edificação. Além disso, quando moldado *in loco*, ao contrário da pré-fabricação, a execução de elementos em concreto armado gera maior quantidade de resíduos e mais desperdício (OLIVEIRA, 2009).

4.2.2.2 Cobertura

A cobertura, com volume aproximado de uma abóbada, foi pensada em telha metálica termoacústica (telha metálica + material isolante + telha metálica), conforme ilustra a figura 37, com sua camada isolante sendo composta por lã de rocha. Sobre as telhas termoacústicas foi especificado sistema modular de telhado verde leve (figura 38), visando à melhoria no conforto térmico dos usuários dos ambientes imediatamente abaixo da cobertura e das áreas adjacentes ao edifício, pela diminuição da temperatura dos ambientes proporcionada pela vegetação (BARBOSA; VECCHIA, 2007; VECCHIA, 2005).

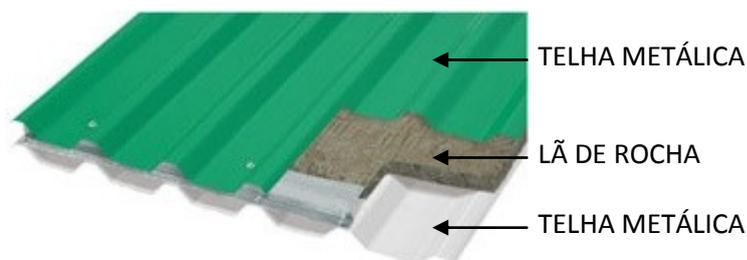


FIGURA 37: As três camadas da telha termoacústica: telha metálica superior, material isolante, no caso do NEM-CAR, lã de rocha, e telha metálica inferior. Fonte: TUPER..., acesso em 26 jul. 2012.

A cobertura em telhas metálicas termoacústicas proporciona maior leveza e menos esforços nas peças estruturais, contribuindo para que estas possuam menores dimensões. Tal telha foi selecionada também para auxiliar, juntamente com o telhado verde, no conforto térmico dos usuários do edifício, e por oferecer conforto acústico, qualidade muito importante para um edifício que abriga atividades educacionais, de oratória e de pesquisa.

A escolha da lã de rocha como material isolante deve-se ao fato de possuir alto desempenho térmico, longa vida útil, baixa toxicidade ao ser humano e ser incombustível (ROAF; FUENTES; THOMAS, 2006 *apud* OLIVEIRA, 2009; TUPER..., acesso em 26 jul. 2012). Já alguns

materiais comumente usados como isolantes como o poliuretano, são tóxicos ao ser humano, principalmente quando incinerados (OLIVEIRA, 2009).



FIGURA 38: Figura mostrando o sistema modular de telhado verde especificado para o edifício, sendo possível identificar sua distribuição modular. Fonte: ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012.

Por sua vez, o sistema de telhado verde leve selecionado, que é projetado para se alcançar baixo peso próprio e com isso menor sobrecarga sobre o sistema estrutural (VECCHIA, 2005), possui como integrantes os seguintes elementos: módulo, com 70cm de comprimento, 35cm de largura e 9cm de altura (figura 39); membrana de proteção anti-raízes; substrato para plantio, e vegetação (figura 40). O módulo é composto de EVA (poliacetato de etileno vinil) reciclado moído e aglomerado com cimento Portland V com adição de cinzas e fundo em polietileno tereftalato (PET) reciclado. Por sua vez, a membrana de proteção anti-raízes é feita de polietileno de alta densidade, também conhecido como PEAD (ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012).



FIGURA 39: Módulo do sistema de telhado verde leve. Fonte: ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012.

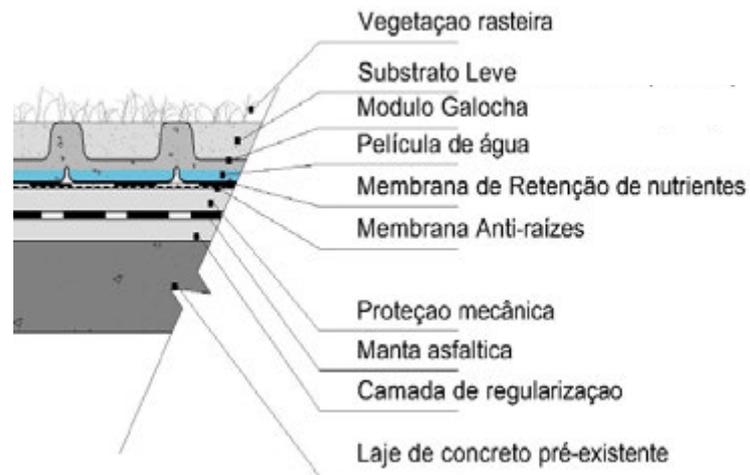


FIGURA 40: Corte esquemático do sistema de telhado verde leve. Fonte: ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012.

Esse sistema também foi projetado para ser instalado sobre superfícies curvas ou verticais por meio de perfis e grampos metálicos que prendem os módulos de EVA, característica necessária à sua aplicação na cobertura do NEM-CAR (figuras 41 e 42).



FIGURA 41: Aplicação do sistema modular de telhado verde em cobertura curva, com ângulo de curvatura semelhante ao proposto na cobertura do NEM-CAR. Fonte: ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012.



FIGURA 42: Detalhes do sistema modular de telhado verde aplicado em superfícies verticais. Fonte: ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012.

Ao contrário de outros materiais e elementos pesquisados, o sistema de telhado verde leve é fabricado e comercializado em outros estados do Brasil. Isto significa que sua aplicação no NEM-CAR gerará impactos advindos de seu transporte para o Espírito Santo, como maiores custos com o produto (impacto econômico), não geração de emprego e renda na própria região de construção do edifício (impacto social), e consumo de combustíveis e emissão de poluentes (impacto ambiental). No entanto, considera-se que tais impactos ocorrerão somente na fase de aquisição, cujo impacto é menor quando comparado ao benefício ocasionado ao longo de sua vida útil, como a redução do consumo de energia devido ao menor uso de ar-condicionado, por exemplo.

4.2.2.3 Paredes e divisórias

Toda a alvenaria do edifício foi projetada em tijolos de solo-cimento estando ela modulada e paginada (figura 43). Esse elemento é produzido a partir da prensagem de mistura de solo e cimento, ou seja, não há a etapa de consumo energético oriundo do cozimento do tijolo. Ainda, a realização de testes aplicando-se outros materiais, como resíduos de construção e demolição, mostraram ser possível uma melhora considerável na qualidade do tijolo, que já é regulada por normas técnicas brasileiras, diminuindo a absorção de água e a quantidade de cimento na mistura (OLIVEIRA, 2009).

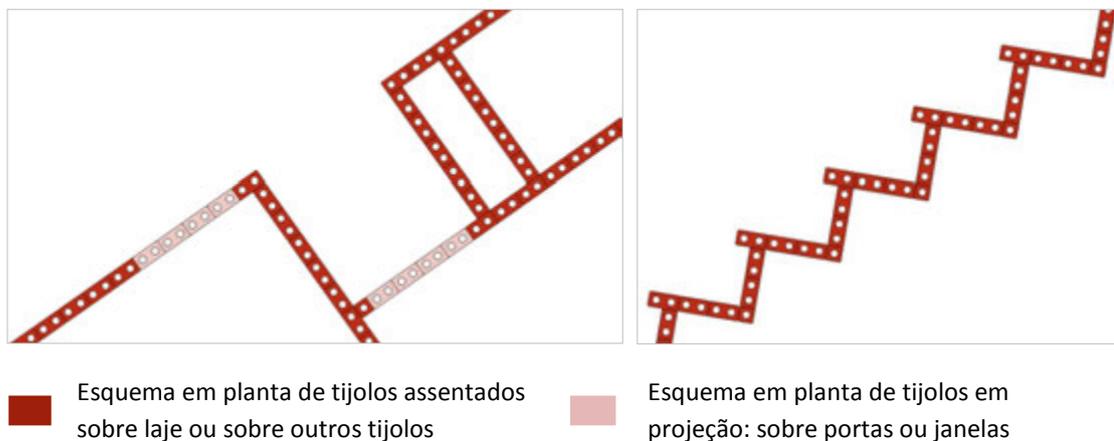


FIGURA 43: Modulação e paginação dos tijolos de solo-cimento no projeto do NEM-CAR.

A modulação e paginação necessária no uso desse tipo de tijolo confere menor consumo de materiais, uma vez que se conhece com precisão a quantidade de tijolos necessários para o edifício. Além disso, gera-se menos resíduos já que as dimensões das paredes são ajustadas de acordo com os tamanhos padrões de tijolos de solo-cimento fabricados. Para o projeto selecionou-se o tijolo e meio-tijolo de solo-cimento que possuem as seguintes dimensões, respectivamente: largura = 12,5cm, comprimento = 25,0cm e altura = 6,25cm; largura = 12,5cm, comprimento = 12,5cm e altura = 6,25cm (figuras 44 e 45). Com isso, as dimensões de todas as paredes foram ajustadas para serem múltiplas, nas respectivas dimensões, dos valores citados.

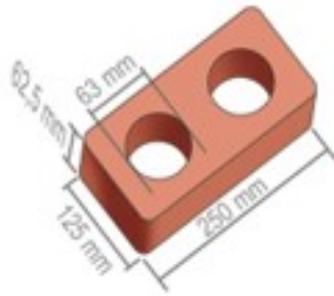


FIGURA 44: Módulo de tijolo de solo-cimento selecionado para o projeto. Fonte: GRUPO..., acesso em 20 jun. 2012.



FIGURA 45: Tijolo, meio-tijolo e tijolo canaleta do módulo selecionado. Observando-se que o tijolo canaleta não foi utilizado no edifício. Fonte: GRUPO..., acesso em 20 jun. 2012.

Revestimento para os tijolos foram considerados apenas quando esses se situam em áreas molhadas da edificação, no restante dos ambientes são mantidos aparentes, o que reduz a quantidade de materiais utilizados, não só em relação ao próprio revestimento, mas também em relação a argamassas, rejuntas e outros materiais que várias vezes são empregados juntamente às peças cerâmicas e de granito, por exemplo. Entretanto, os tijolos colocados nas fachadas deverão receber pintura hidrofugante a fim de protegê-los da umidade e águas pluviais e, com isso, prolongar sua vida útil. Vale ressaltar que alguns vernizes e pinturas emitem substâncias poluidoras ao meio-ambiente durante a fabricação e tóxicas ao ser humano durante a fase de uso do edifício. Por isso, especifica-se hidrofugante a base d'água e inodoro, pois emitem consideravelmente menos compostos prejudiciais à saúde humana (OLIVEIRA, 2009).

Assim como nos elementos de aço, os resultados da pesquisa também demonstraram a existência de empresas fabricantes e fornecedoras de tijolos de solo-cimento no Espírito Santo, o que, como explicado anteriormente, diminui a distância que os tijolos deverão ser transportados, reduzindo o consumo de combustíveis, e estimula o desenvolvimento econômico local.

Um dos pontos negativos do tijolo de solo-cimento relacionado à sustentabilidade é o fato de sua matéria-prima, apesar de abundante, não ser renovável. Outro é a presença do cimento em sua composição - apesar de em pequena quantidade, em geral de 9% a 12,5%

da mistura para tijolos que ficarão aparentes, podendo haver variações – e os impactos já citados atrelados a ele (GRUPO..., acesso em 20 jun. 2012; OLIVEIRA, 2009).

Já para a compartimentação das salas de professores, sala de reuniões e almoxarifado, foram utilizadas divisórias modulares compostas por perfis de alumínio e painéis de madeira de eucalipto, que para sua instalação necessitam apenas ser aparafusadas ao chão e paredes, ou seja, possibilitam futura remoção ou reorganização dos módulos. Essa solução foi projetada visto que as salas de professores, de reunião e o almoxarifado são espaços pequenos e caso fossem divididas com alvenaria a modificação em seus *layouts* seria dificultada, necessitando, talvez, da quebra de paredes.

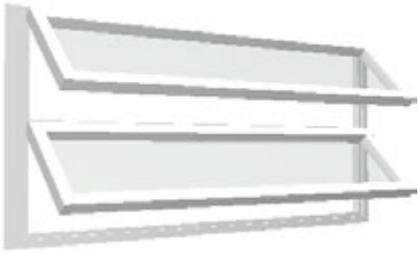
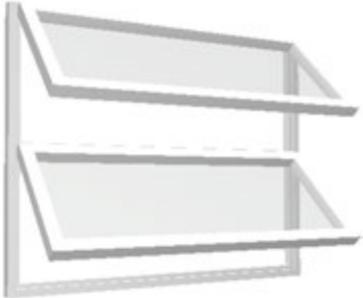
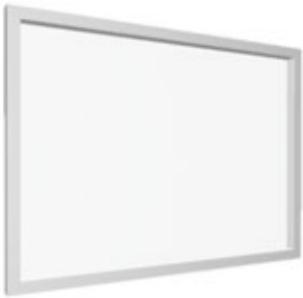
Ainda, para os painéis confeccionados a partir da madeira de eucalipto recomenda-se a certificação como as dos órgãos FSC (Forest Stewardship Council) ou CERFLOR (Certificação Florestal), do INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Esse tipo de certificação atesta que a madeira é proveniente de extração baseada em técnicas de manejo florestal fundamentada na preservação ambiental, justiça social e viabilidade econômica. Assim, várias práticas adotadas por empresas certificadas aumentam a produtividade de uma mesma área de extração, contribuindo para a redução do desmatamento, ao mesmo tempo em que respeitam a legislação trabalhista e implementam programas educacionais, por exemplo (LABORATÓRIO..., acesso em 10 maio 2012).

Por outro lado, ressalta-se que o alumínio, assim como o aço, também se caracteriza pela alta energia embutida e elevada emissão de poluentes em sua fabricação e por ser proveniente de matéria-prima não renovável. Já os painéis fabricados em madeira de eucalipto apresentam como desvantagens o fato de serem menos resistentes que outros elementos, como alvenaria, por exemplo, e por isso podem ter sua vida útil reduzida necessitando, desse modo, tratamento com preservantes e manutenção mais frequente para que ela seja prolongada. Além disso, é um material combustível (OLIVEIRA, 2009).

4.2.2.4 Esquadrias

As esquadrias do edifício, compostas exclusivamente por portas, janelas fixas e janelas basculantes, foram pensadas com intuito de racionalizar a construção e minimizar impactos ambientais. Para isso, as janelas fixas e basculantes foram moduladas, sendo que as basculantes possuem 4 módulos possíveis enquanto as fixas apenas um (quadro 6).

QUADRO 6: Janelas, suas dimensões e quantidade utilizada no NEM-CAR.

JANELAS			
Largura (cm)	Altura (cm)	Quantidade (un)	Módulo
150,0	70,0	100	
112,5	90,0	37	
87,5	90,0	28	
50,0	90,0	44	
150,0	100,0	54	

A maior quantidade de módulos de basculantes ocorreu devido à necessidade de compatibilização de suas dimensões às dimensões do tijolo de solo-cimento selecionado para o projeto e também às estratégias de sombreamento utilizadas. Ambos os tipos de janelas, fixas e basculantes, são em alumínio com pintura branca.

Como já explicitado o alumínio apresenta alta energia embutida, elevada emissão de poluentes em sua fabricação e é proveniente de matéria-prima não renovável (OLIVEIRA, 2009). No entanto, no eventual desmonte da edificação, as esquadrias podem ser reaproveitadas ou recicladas.

Por sua vez, as portas são de madeira, para as quais, do mesmo modo que para as divisórias em eucalipto, recomenda-se certificação florestal.

4.2.2.5 Eletrodutos

Optou-se pela utilização de instalações elétricas e de lógica embutidas em eletrodutos de madeira aparentes visando à facilidade de manutenção e flexibilidade do edifício, proporcionando eficácia em possível modificação ou modernização das instalações elétricas e de lógica, com consequente diminuição da quebra e descarte de materiais e posterior compra e consumo desses (LABORATÓRIO..., acesso em 10 maio 2012). Assim, para que a fiação rodeasse os ambientes e fosse passada de um para outro foram projetados eletrodutos aparentes horizontais e verticais nos quais se localizam os pontos de energia e de rede, por exemplo. Tais elementos também atuam como rodaparede nos ambientes da edificação a fim de proteger as paredes de choques contra mesas e cadeiras sendo, desse modo, multifuncionais, conforme ilustra a figura 46. Para as peças em madeira que compõem esses elementos, assim como para as divisórias e portas, indica-se que possuam certificação florestal de extração e fornecimento. Entretanto, a madeira apresenta alguns pontos negativos já citados, tais como: menor resistência, necessidade de aplicação de preservantes e de manutenção mais frequente, e maior facilidade de propagar chamas (OLIVEIRA, 2009).



FIGURA 46: Eletrodutos/rodaparedes horizontais e verticais de madeira na biblioteca do NEM-CAR.

4.2.2.6 Revestimentos e bancadas

Especificou-se o granilite como revestimento de piso do NEM-CAR por alcançar longa vida útil, chegando a durar mais de 40 anos – muito acima do que a NBR 15575 estabelece como vida útil de projeto superior para revestimentos internos em edificações habitacionais³ –, de fácil manutenção e custo razoável. O granilite é composto por grânulos de minerais (mármore, granito, quartzo e calcário, misturados ou não), cimento (comum ou branco), somados a areia e água, e pode ser polido, com acabamento liso e camada de resina, ou manter o relevo dos grânulos minerais, chamado de *fulget* (FRANCELINE, 2012; AKAN, 2009). Entretanto, para todos os ambientes do edifício especificou-se o granilite tipo polido, por serem locais com maior número de usuários e por isso necessitarem de manutenção e limpeza mais frequente, o que é facilitado pela superfície regular desse tipo de revestimento (AKAN, 2009). Ainda, o granilite proposto para o edifício deverá possuir coloração esbranquiçada a fim de refletir maior quantidade de luz e assim contribuir para a iluminação dos ambientes internos, minimizando o efeito contrário causado pela cor mais escura dos tijolos de solo-cimento que compõem as paredes.

³ A NBR 15575 (Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho), de 2010, estabelece como “vida útil de projeto” (VUP), a vida útil requerida para o edifício ou seus sistemas (estrutura, pisos internos, cobertura, entre outros), preestabelecida na etapa de projeto. Além disso, define que a VUP é o período estimado de tempo para o qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos pela própria NBR 15575.

Além disso, de acordo com Francelino (2012), quando em ambientes úmidos, é possível haver reconstituição automática de eventuais microfissuras surgidas no granilite, processo conhecido por reconstituição autógena, o que eleva sua durabilidade e facilidade de manutenção. Entretanto, apesar de possuir uso difundido, tal revestimento não é normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e, com isso, sua execução e produção não são parametrizadas ou padronizadas, dependendo-se do bom senso de quem os faz (FRANCELINO, 2012).

Para as bancadas situadas nos sanitários e na copa dos funcionários e professores, especificou-se o granito cinza andorinha, por ser uma pedra de elevada durabilidade, baixo custo econômico (principalmente no contexto capixaba) e em abundância na natureza. Além disso, o granito necessita apenas de aplicação de resina e, em alguns casos, de impermeabilizante, ou seja, necessita de poucos materiais de acabamento (LUCAS *et al.*, 2010).

Vale ressaltar que o Espírito Santo concentra cerca de 50% da produção nacional de rochas ornamentais (VITÓRIA..., acesso em 9 set. 2012), estando instaladas nele empresas de beneficiamento primário (serragem) e secundário (polimento e produtos acabados), fabricantes de máquinas, equipamentos e insumos industriais, prestadores de serviço, entre outras. Assim, o Estado possui todas as atividades da cadeia produtiva principal (VITÓRIA..., acesso em 9 set. 2012), abrangendo serviços necessitados pelo setor desde a extração das rochas até seu destino final. Visto isso, há facilidade em conseguir o granito numa distância próxima ao local de implantação do NEM-CAR e com ele todas as vantagens relacionadas ao transporte e economia local já citadas.

Ambos os materiais citados, granilite e granito, são formados por matérias-primas não renováveis, ressaltando-se que aquele possui cimento em sua composição, o que aumenta os impactos causados durante seu ciclo de vida.

4.2.2.7 Guarda-corpos e corrimãos

O material especificado para os guarda-corpos e corrimãos foi a madeira certificada. Havia-se pensado anteriormente para tais elementos o aço inoxidável, por ser um material com elevada resistência a choques, arranhões e desgaste do tempo. Entretanto pelo fato dos guarda-corpos e corrimãos se localizarem no segundo pavimento – que tende a sofrer fluxo consideravelmente menor que o primeiro por ser composto apenas por área administrativa, uma sala de aula e biblioteca – realizou-se a mudança para a madeira, capaz de suportar um nível razoável de desgaste e impactos (OLIVEIRA, 2009). Além disso, juntamente ao tijolo de solo-cimento, objetivou-se com a mudança reduzir a presença do aço, do concreto e do alumínio, transmitindo assim a sensação de um espaço mais aconchegante e menos frio e formal (figura 47).

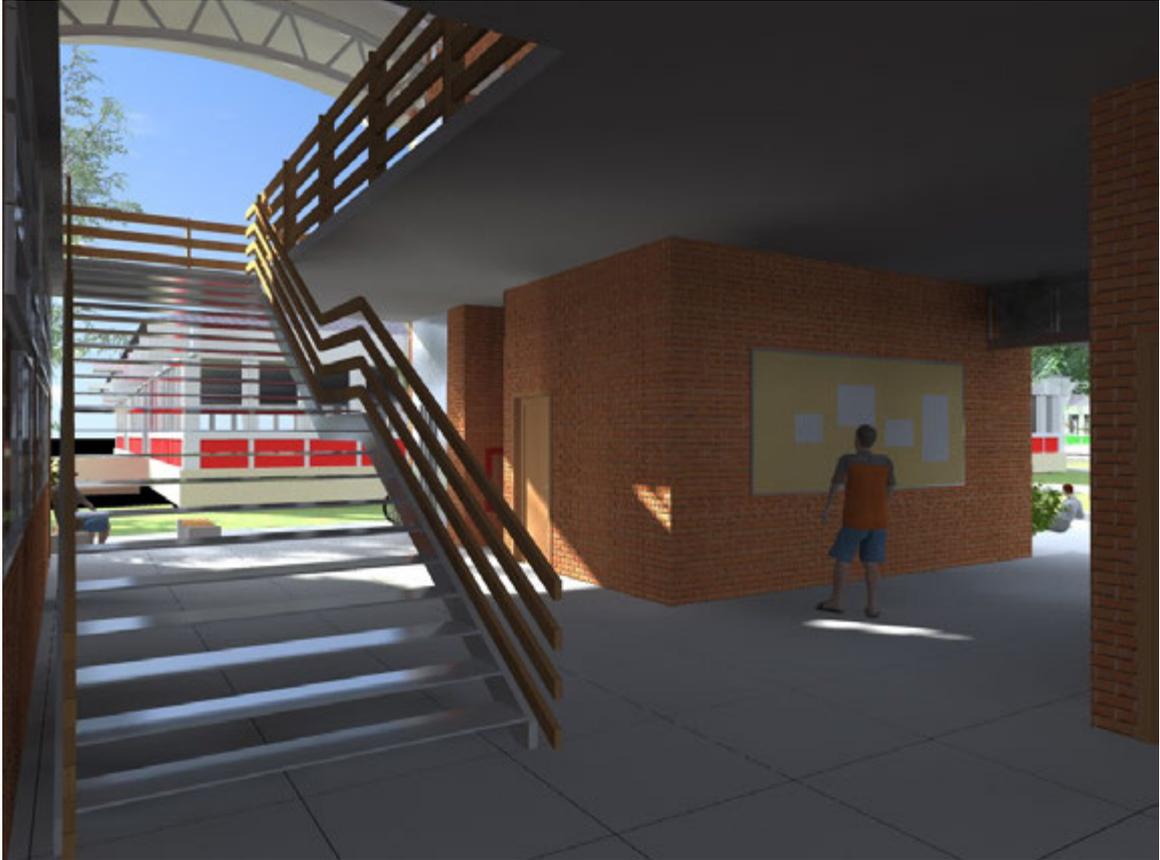


FIGURA 47: Guarda-corpos e corrimãos de madeira.

Como explicitado anteriormente, a madeira apresenta como desvantagens o fato de ser menos resistente que outros materiais, necessitar de maior manutenção e de aplicação de preservantes e ser um material combustível (OLIVEIRA, 2009).

Para compreender de forma rápida e resumida as características relacionadas à sustentabilidade dos materiais especificados para cada parte do NEM-CAR foi elaborado o quadro 7.

QUADRO 7: Materiais e técnicas construtivas definidas para o NEM-CAR e suas características relacionadas à sustentabilidade.

Continua

NEM-CAR			
Parte do Edifício	Material/ Técnica construtiva	Características relacionadas à sustentabilidade	
		Pontos positivos	Pontos negativos
Estrutura	Aço	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Altamente reciclável • Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças • Precisão construtiva • Menor volume de materiais utilizados para determinado esforço estrutural quando comparado a outros sistemas construtivos • Obra com racionalização do sistema construtivo e menor desperdício de materiais • Produção local 	<ul style="list-style-type: none"> • Energia embutida alta • Matéria-prima não renovável • Alta emissão de poluentes na fabricação • Custo econômico alto
	Concreto Armado	Lajes (cimento CP III) - moldagem <i>in loco</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Liberdade de criação arquitetônica • Cimento CP III - Material com elevada utilização de resíduos em sua composição • Seus resíduos podem ser aproveitados na produção de outros materiais • Produção local 	Lajes (cimento CP III) - moldagem <i>in loco</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Maior desperdício na execução devido a modo de construção artesanal • Matéria-prima não renovável • Maior solicitação estrutural causada por maior volume e peso das peças • Alta emissão de poluentes na fabricação do cimento
		Vigas, arcos e caixas de concreto (pré-fabricação): <ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Seus resíduos podem ser aproveitados na produção de outros materiais • Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças • Produção local 	Vigas, arcos e caixas de concreto (pré-fabricação): <ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima não renovável • Maior solicitação estrutural causada por maior peso das peças • Alta emissão de poluentes na fabricação do cimento

Continua

Parte do Edifício	Material/ Técnica construtiva	Características relacionadas à sustentabilidade	
		Pontos positivos	Pontos negativos
Cobertura	Telha Metálica Termo-acústica (telha metálica e lã de rocha)	Telha metálica: <ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Altamente reciclável • Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças • Precisão construtiva • Obra com racionalização do sistema construtivo e menor desperdício de materiais 	Telha metálica: <ul style="list-style-type: none"> • Energia embutida alta • Matéria-prima não renovável • Alta emissão de poluentes na fabricação
		Lã de rocha: <ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Material incombustível 	Lã de rocha: <ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima não renovável
	Telhado Verde Leve ou Cobertura Verde Leve (EVA, cimento Portland V, PET e PEAD)	<ul style="list-style-type: none"> • Obra com racionalização do sistema construtivo e menor desperdício de materiais • Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças • Sistema com elevada utilização de resíduos em sua composição (plásticos EVA e PET reciclados ou reutilizados) • Bom desempenho térmico e acústico 	<ul style="list-style-type: none"> • Produção distante do local de aplicação • Causa maior solicitação das estruturas devido ao maior peso quando encharcado
		Cimento Portland V: <ul style="list-style-type: none"> • Seus resíduos podem ser aproveitados na produção de outros materiais 	Cimento Portland V: <ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima não renovável • Alta emissão de poluentes na fabricação • Ao contrário do cimento Portland II e III, por exemplo, o CP V não utiliza resíduos em sua composição
		Polietileno de alta densidade (PEAD): <ul style="list-style-type: none"> • Altamente reciclável • Custo econômico baixo 	Polietileno de alta densidade (PEAD): <ul style="list-style-type: none"> • Energia embutida alta • Matéria-prima não renovável

Continua

Parte do Edifício	Material/ Técnica construtiva	Características relacionadas à sustentabilidade	
		Pontos positivos	Pontos negativos
Paredes e divisórias	Tijolo de solo-cimento (paredes)	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de utilização de resíduos em sua composição sem perda de qualidade • Baixa emissão de poluentes na fabricação quando analisado todo o conjunto • Precisão construtiva • Componente com produção e características reguladas por NBRs • Obra com menor desperdício de materiais e racionalização do sistema construtivo • Seus resíduos podem ser aproveitados na produção de outros materiais • Bom desempenho térmico e acústico • Produção local 	<ul style="list-style-type: none"> • Necessita de maior proteção contra umidade e águas pluviais
		<p>Solo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima abundante • Dependendo das propriedades do solo, pode ser utilizado o do próprio local da construção 	<p>Solo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material sensível à umidade • Matéria-prima não renovável
		<p>Cimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Produção local 	<p>Cimento:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima não renovável • Alta emissão de poluentes na fabricação
	Perfis em alumínio e painéis em madeira de eucalipto (divisórias)	<p>Perfis em alumínio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Baixa necessidade de manutenção • Altamente reciclável • Obra com menor desperdício de materiais e racionalização do sistema construtivo • Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças • Precisão construtiva 	<p>Perfis em alumínio:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Energia embutida alta • Matéria-prima não renovável • Alta emissão de poluentes na fabricação

Continua

Parte do Edifício	Material/ Técnica construtiva	Características relacionadas à sustentabilidade	
		Pontos positivos	Pontos negativos
Paredes e divisórias	Perfis em alumínio e painéis em madeira de eucalipto (divisórias)	<p>Painéis de madeira - florestas plantadas (pinus e eucalipto):</p> <ul style="list-style-type: none"> Baixa emissão de poluentes na fabricação Recurso de renovação muito rápida Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças Obra com menor desperdício de materiais e racionalização do sistema construtivo Precisão construtiva Certificação florestal 	<p>Painéis de madeira - florestas plantadas (pinus e eucalipto):</p> <ul style="list-style-type: none"> Menor resistência e durabilidade do material Necessita de maior manutenção Necessita de tratamento com preservantes Material combustível
Esquadrias	Alumínio (janelas)	<ul style="list-style-type: none"> Elevada durabilidade Baixa necessidade de manutenção Altamente reciclável Obra com menor desperdício de materiais e racionalização do sistema construtivo Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças Precisão construtiva 	<ul style="list-style-type: none"> Energia embutida alta Matéria-prima não renovável Alta emissão de poluentes na fabricação
	Madeira (portas)	<ul style="list-style-type: none"> Baixa emissão de poluentes na fabricação Recurso de rápida renovação Facilidade de desmonte e reaproveitamento das peças Precisão construtiva Certificação florestal 	<ul style="list-style-type: none"> Menor resistência e durabilidade do material Necessita de maior manutenção Necessita de tratamento com preservantes Material combustível
Eletrodutos	Madeira	<ul style="list-style-type: none"> Baixa emissão de poluentes na fabricação Recurso de rápida renovação Facilidade de desmonte e reaproveitamento de peças Precisão construtiva Certificação florestal 	<ul style="list-style-type: none"> Menor resistência e durabilidade do material Necessita de maior manutenção Necessita de tratamento com preservantes Material combustível

Conclusão

Parte do Edifício	Material/ Técnica construtiva	Características relacionadas à sustentabilidade	
		Pontos positivos	Pontos negativos
Revestimentos e bancadas	Granilite (piso)	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Baixa necessidade de manutenção 	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima não renovável
	Granito (bancadas)	<ul style="list-style-type: none"> • Elevada durabilidade • Matéria-prima abundante (dependendo do tipo de granito especificado) • Baixa necessidade de manutenção • Produção local 	<ul style="list-style-type: none"> • Matéria-prima não renovável
Guarda-corpos e corrimãos	Madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Baixa emissão de poluentes na fabricação • Recurso de rápida renovação • Facilidade de desmonte e reaproveitamento de peças • Certificação florestal 	<ul style="list-style-type: none"> • Menor resistência e durabilidade do material • Necessita de maior manutenção • Necessita de tratamento com preservantes • Material combustível

Fontes: ECOTELHADO..., acesso em 20 jun. 2012; LABORATÓRIO..., acesso em 20 jun. 2012; LUCAS *et al.*, 2010; OLIVEIRA, 2009, p. 158-164.

5. ANÁLISE DO PROJETO ARQUITETÔNICO PARA O NEM-CAR

A partir de análise do projeto identificou-se os materiais e técnicas construtivas pré-definidos para o edifício que não estavam em consonância com os objetivos principais pretendidos para ele: menor desperdício e maior eficiência e racionalidade no uso de materiais de construção obtidos a partir de soluções arquitetônicas e seleção de materiais e técnicas construtivas mais sustentáveis. Ainda, verificou-se o cumprimento de normas e leis aplicáveis ao projeto em questão e analisou-se o edifício em relação às suas características arquitetônicas, ou seja: volumetria, estética, relação com o entorno. Com isso, foram realizadas modificações para adequar o projeto aos conceitos de uma arquitetura mais sustentável na utilização dos materiais de construção, para cumprir o que determinam as leis e normas específicas – ponto obrigatório –, e para alcançar um produto arquitetônico de boa qualidade.

5.1 ANÁLISE DOS MATERIAIS E TÉCNICAS CONSTRUTIVAS PRÉ-DEFINIDOS

Neste item são analisadas as alterações realizadas no NEM-CAR relacionadas aos materiais e técnicas construtivas definidos inicialmente, no princípio do projeto, com o fim de alcançar soluções mais sustentáveis.

Dentre os materiais e técnicas construtivas pré-definidos durante a concepção do NEM-CAR, um material e uma técnica construtiva sofreram alteração: ao invés do concreto armado moldado *in loco* especificado para compor a cobertura – que também atuaria como estrutura de suporte de algumas paredes –, o emprego de telhas metálicas termoacústicas para a cobertura e de estruturas pré-moldadas de concreto armado para apoiar as paredes citadas (figuras 48 e 49).

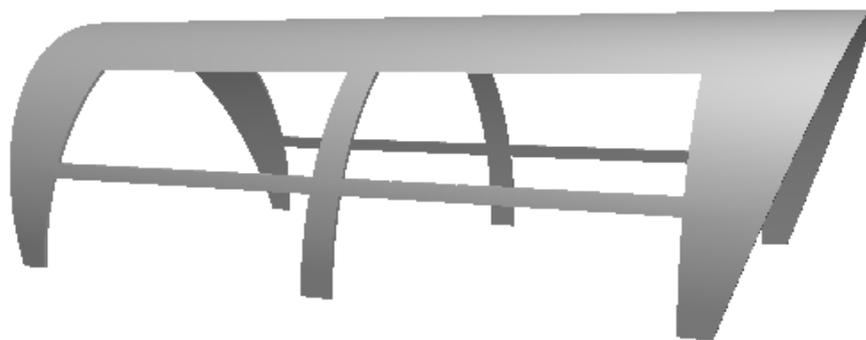


FIGURA 48: Cobertura em concreto armado moldada *in loco*, pensada inicialmente para o projeto.

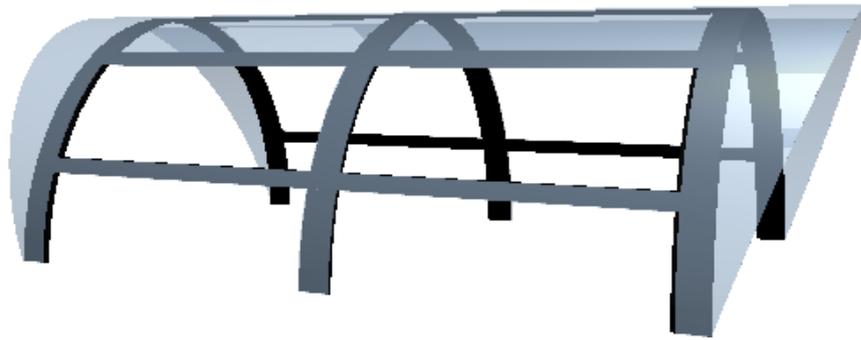


FIGURA 49: Grelha em concreto armado pré-moldado (em preto na figura) sob cobertura de telhas metálicas termoacústicas (que aparecem translúcidas na figura para melhor compreensão).

O uso das telhas metálicas em lugar do concreto armado moldado *in loco* deveu-se a carga consideravelmente menor que essas provocam na estrutura, com conseqüente redução de suas dimensões. Além disso, uma cobertura de tal porte em concreto armado moldado *in loco* pode sofrer fissuras e danos causados pela dilatação e retração do concreto e aço, o que demandaria cuidados adicionais e manutenção mais frequente para evitar o desgaste dos materiais e o aparecimento de goteiras, por exemplo.

Ao mesmo tempo, as áreas da cobertura moldada *in loco* que apoiariam algumas paredes do edifício foram mantidas, entretanto configurando uma nova volumetria, semelhante a uma grelha, que permite de maneira mais fácil o uso da pré-fabricação, uma vez que é constituída de vários elementos iguais, as vigas e os arcos (figura 50). Para a estabilidade de tais elementos pré-moldados foram propostos encaixes macho-fêmea, mostrados nas figuras 51 e 52. Essa nova estrutura, resultante da modificação da cobertura projetada inicialmente, além de apoiar algumas alvenarias (figura 55) também é suporte dos perfis metálicos que sustentam as telhas termoacústicas.

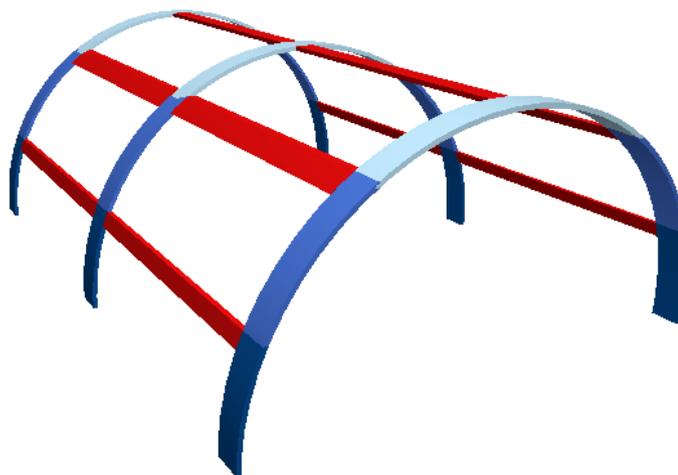


FIGURA 50: Grelha em elementos de concreto pré-moldado pensada para o NEM-CAR. As peças em vermelho são vigas e as em azul são arcos de iguais características, mostrados em diferentes tons apenas para ressaltar onde começam e terminam.

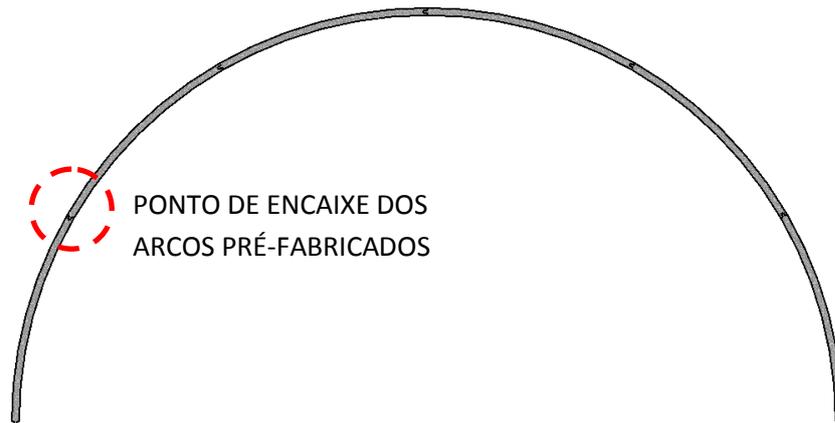


FIGURA 51: Disposição bidimensional dos arcos pré-moldados e seus pontos de encaixe.

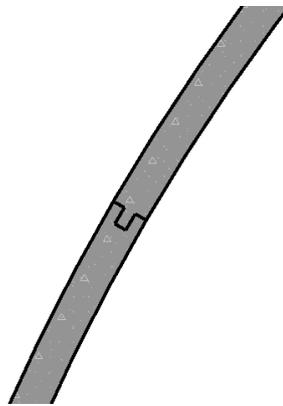


FIGURA 52: Detalhe pensado para o encaixe – macho-fêmea – dos arcos pré-moldados.

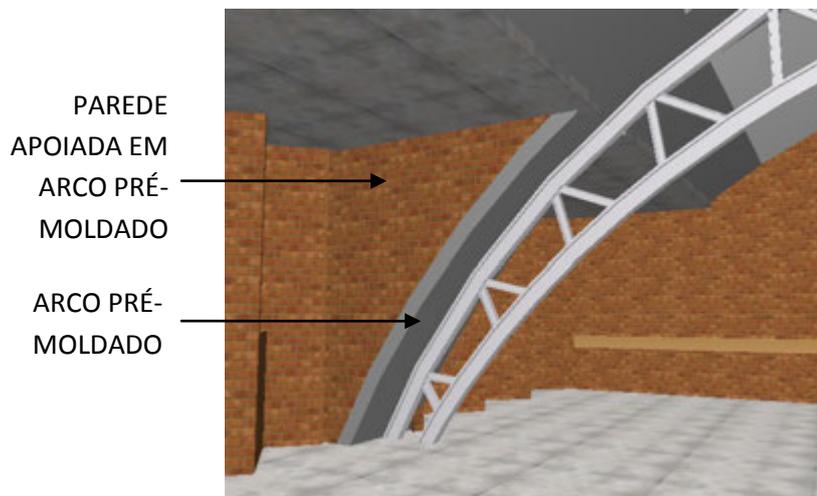


FIGURA 53: Exemplo de parede apoiada em um dos arcos pré-moldados projetados para o NEM-CAR.

Ressalta-se que apesar da volumetria projetada para a cobertura ter como consequência o aparecimento de algumas áreas onde haverá maior desperdício de materiais, devido à quebra de tijolos de solo-cimento para adaptação ao formato curvo daquela e da estrutura que a sustenta (figura 53), também gerou áreas onde ela também atua como parede externa, diminuindo a quantidade de tijolos consumidos, como explicado anteriormente.

5.2 ANÁLISE DE ADEQUAÇÃO AO PROGRAMA ARQUITETÔNICO E ÀS LEIS E NORMAS ESPECÍFICAS

O projeto foi elaborado seguindo-se o programa arquitetônico anteriormente definido para o edifício, possuindo assim todos os ambientes previamente listados. Quanto ao deslocamento das pessoas para uso do prédio, há estacionamento subutilizado para veículos automotores ao lado do terreno escolhido, razão pela qual não se criou área destinada a tal finalidade, como explicado anteriormente. Entretanto, a fim de dar suporte e também incentivar o uso de transportes alternativos, o projeto proposto prevê espaço destinado à guarda de bicicletas. Vale ressaltar que esta iniciativa está de acordo com o Plano Diretor Físico do Campus de Goiabeiras (UNIVERSIDADE..., 2008), que antevê a realização do Programa de Educação em Mobilidade com Incentivo ao Transporte Alternativo, que por sua vez incentiva a criação de ciclofaixas, de bicicletários e o fortalecimento do sistema de segurança no interior do campus.

Além disso, para a elaboração do projeto do NEM-CAR foram seguidas várias leis e normas técnicas, como a Norma Brasileira de Acessibilidade a Edificações - NBR 9050/2004, a Norma Brasileira de Saídas de Emergência em Edifícios - NBR 9077/2001, a Lei Municipal nº 4821 - Código de Edificações do Município de Vitória, entre outras.

No que tange a NBR 9050/2004, foram previstos no projeto a instalação de elevadores para pessoas portadoras de necessidades especiais (PNEs), a construção de rampas de acesso com inclinação máxima de 8,33%, portas sempre mais largas que 90cm – ressaltando que o mínimo exigido por norma é de 80cm –, amplas circulações e cabine nos sanitários com dimensões e tipos de portas atendendo às necessidades desse público.

Para o cumprimento do determinado pela NBR 9077/2001 projetou-se escada do tipo não enclausurada e adotou-se dimensões de acessos, escada, rampas e portas exigidas por norma para edificações de características construtivas, tipo de ocupação, área e altura nas quais se encaixa o NEM-CAR. Além disso, projetou-se guarda-corpos e corrimãos com materiais e dimensões permitidos pela NBR.

Foi realizado também, como dito anteriormente, dimensionamento do reservatório de água fria em conformidade com a NBR 5626/1998 – Instalação predial de água fria – e a partir de cálculo preliminar do volume da Reserva Técnica de Incêndio (RTI) com base no determinado pela Norma Técnica 15/2009 do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo.

5.3 ANÁLISE DA ARQUITETURA PROJETADA

Quanto à qualidade arquitetônica do projeto proposto, um ponto a ser ressaltado é a observação feita após análise sobre a pouca relação física que o projeto proposto inicialmente apresentava em algumas áreas relevantes com os edifícios ao redor. Com isso, o projeto foi modificado a fim de corrigir tal equívoco, criando-se áreas que propiciam o

contato entre as pessoas que utilizam o NEM-CAR e os demais prédios (figuras 54 e 55), característica importante em uma universidade.



FIGURA 54: Área de integração entre o NEM-CAR, CEMUNI I e CEMUNI II.



FIGURA 55: Área externa projetada para integrar os prédios vizinhos e estimular a vivência no local.

No que tange a volumetria e estética propostas para o NEM-CAR, é válido salientar que a partir de pesquisas realizadas acerca de edificações cujos projetos apresentam preocupações relacionadas a questões de sustentabilidade, dentre elas a seleção de materiais e as soluções e técnicas construtivas utilizadas, observou-se que a maioria de tais projetos tendem à volumetrias semelhantes às do cubo e paralelepípedo ou para formas com predominância de linhas retas (figura 56) chegando, várias vezes, a produtos finais semelhantes e com a mesma “cara”. Talvez tal fato seja explicado pela maior facilidade e racionalidade que geralmente se consegue com tal *design* na execução, pré-fabricação e compatibilização dos muitos elementos construtivos de um edifício.



FIGURA 56: Edifícios apresentados como mais sustentáveis e com volumetrias semelhantes. Fontes: ARQUISHOW, 2011; ARQUISHOW, 2010.

Por sua vez, os edifícios classificados como mais sustentáveis e que trabalhavam com linhas e volumes sinuosos ou arredondados apresentavam, na maioria dos casos, preocupações com questões ligadas principalmente a economia de energia e diminuição na geração de CO₂. Desse modo, na descrição e análise dos projetos pouco se falava a respeito dos materiais de construção utilizados, soluções para diminuição de seu consumo, sua origem, compatibilização com outros elementos construtivos, entre outros.

Assim, buscou-se a oportunidade de realizar um ensaio fugindo das tendências notadas e desenvolver um edifício com forma distinta, exibindo soluções volumétricas que indicam outros rumos para as formas de edificações que pretendem ser mais sustentáveis. Para isso, mesclou-se soluções de projeto que miravam em materiais e técnicas construtivas mais sustentáveis a volumetrias mais sinuosas e menos rígidas, chegando-se ao edifício proposto.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Todo o projeto do NEM-CAR foi concebido baseado em conceitos que embasam as ferramentas de avaliação de edifícios, a ACV e o instrumento em desenvolvimento proposto por Bissoli-Dalvi (2012). Entretanto, justamente por se basear em conceitos que tais métodos utilizam – e não em todo o processo de avaliação que propõem – a avaliação das soluções pensadas para o NEM-CAR é apenas qualitativa, ao contrário da ACV, por exemplo, cuja metodologia é quantitativa. A realização de avaliações qualitativas é um passo essencial na busca por edifícios mais sustentáveis, mas que não traduz toda a gama de impactos que envolvem a execução de determinada técnica construtiva ou a fabricação de um material de construção, além da possibilidade de embutir erros (JOHN; OLIVEIRA; LIMA, 2007). A realidade é que nem a Análise do Ciclo de Vida, que busca abranger em sua análise o maior número de variáveis ligadas a impactos ambientais, aborda tudo que está relacionado à sustentabilidade de um produto, uma vez que o conceito de sustentabilidade também inclui as esferas social e econômica. Em uma visão mais abrangente, o conceito envolve, ainda, as dimensões culturais e políticas, cuja mensuração é ainda mais complexa.

Vale ressaltar, que no escopo deste projeto de graduação era prevista a avaliação dos materiais e técnicas construtivas pré-definidos para o projeto do NEM-CAR utilizando-se o instrumento em desenvolvimento por Bissoli-Dalvi (2012), obtendo-se assim uma análise mais aprofundada do patamar de sustentabilidade alcançado pela proposta. Com isso, a partir dos resultados encontrados, esses seriam, ou não, alterados a fim de obter um resultado mais adequado em termos de sustentabilidade. Entretanto, tal instrumento não foi totalmente desenvolvido em tempo hábil para que houvesse sua aplicação no projeto, o que tornou possível apenas a aplicação no projeto de graduação dos conceitos nos quais se baseia para indicar quais materiais são mais sustentáveis.

A seleção de materiais de construção mais sustentáveis requer instrumentos abrangentes conceitualmente para que haja fidelidade dos resultados com a realidade. Entretanto, essas ferramentas também devem ser de fácil entendimento e utilização, permitindo tomadas de decisões rápidas pelos profissionais, para que desse modo sejam amplamente utilizadas e não se tornem obsoletas devido à complexidade ou ao grande consumo de tempo em seu uso. Observa-se que muitas metodologias ou ferramentas vinculadas à avaliação de sustentabilidade possuem uma complexidade que induz, inevitavelmente, à necessidade de busca de consultores específicos ou profissionais autorizados para sua utilização, vinculando, muitas vezes, o nível de sustentabilidade do projeto com a capacidade econômica do projetista. Assim, se mostra necessária a realização de testes em uma ferramenta que está em construção, visando à identificação de falhas e possíveis áreas de melhoria, a fim de se obter o produto mais eficiente possível e que esteja adequado ao contexto brasileiro: motivação principal do objetivo inicial deste trabalho.

Lembra-se que apesar de todo o exposto anteriormente conseguiu-se minimamente realizar análises e comparações a respeito de quais soluções, materiais e técnicas construtivas

seriam mais sustentáveis para o projeto do NEM-CAR e seu contexto e com isso, definir quais realmente seriam utilizadas.

Assim, considera-se que mesmo que os testes do instrumento em desenvolvimento por Bissoli-Dalvi (2012) e as análises mais aprofundadas e quantitativas não tenham sido feitas, um dos objetivos iniciais do projeto de graduação – elaborar projeto arquitetônico a partir de soluções arquitetônicas, materiais e técnicas construtivas mais sustentáveis e realizar adequações e mudanças, quando necessário, em harmonia com a arquitetura desejada e o discurso da sustentabilidade – foi alcançado.

7. REFERÊNCIAS

AKAN, R. Os segredos para um granilite duradouro. **Casa.com.br**, 23 jun. 2009. Disponível em: <<http://casa.abril.com.br/materia/os-segredos-para-um-granilite-duradouro>>. Acesso em: 23 jun. 2012.

ARCELORMITTAL Tubarão. **Cimento e concreto**. Disponível em: <http://www.cst.com.br/produtos/co_produtos/aplicacoes/aplicacoes_civil/aplicacoes_civil.asp>. Acesso em: 20 abr. 2010.

ARCELORMITTAL Tubarão. **Escória de aciaria com redução de expansão**: acerita. Disponível em: <http://www.cst.com.br/produtos/co_produtos/catalogo_produtos/acerita/acerita.asp>. Acesso em: 15 abr. 2010.

ARQUISHOW, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 1-114, jun. 2010.

ARQUISHOW, São Paulo, v. 67, n. 1, p. 1-114, jul/ago. 2011. Disponível em: <<http://www.flexeventos.com.br/Library/pageflip/Arquishow/67/67.html>>. Acesso em: 5 ago. 2012.

BARBOSA, R. V. R.; VECCHIA, F. A. S. **Contribuição das áreas verdes na atenuação do rigor térmico em ambientes urbanos**. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 9., E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5., 2007, Ouro Preto. **Anais...** 2007.

BISSOLI-DALVI, M. **Instrumento auxiliar para seleção de materiais de construção alicerçados nos princípios da sustentabilidade**. Universidad del Bio Bio, Concepción, 2012. (Tese em andamento).

BISSOLI, M.; ALTOÉ, E. S.; ALVAREZ, C. E.; SAELZER, G. **Instrumento auxiliar na seleção dos materiais de construção alicerçados nos princípios da sustentabilidade: estudo de caso com eucalipto**. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

BREEAM: BRE Environmental & Sustainability Standard. [S.l.]: BRE Global, 2009.

BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. **What is BREEAM?**. Disponível em: <<http://www.breeam.org/page.jsp?id=66>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

CASBEE for New Construction: Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency. [S.l.]: Institute for Building Environmental and Energy Conservation (IBEC), 2008.

CONTRIBUIÇÕES preliminares ao plano de manejo ambiental do Campus Almor Queiroz de Araújo: uma contribuição geográfica. 1991. Monografia (Graduação em Geografia) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1991.

COUNCIL for Scientific And Industrial Research in South Africa. **The Sustainable Building Assessment Tool (SBAT®)**. Disponível em: <http://www.csir.co.za/Built_environment/Architectural_sciences/sbat.html>. Acesso em: 12 abr. 2012.

DIAS, B. Z.; BISSOLI, M.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. **Teste dos critérios de materiais da Ferramenta ASUS: estudo de caso utilizando o edifício administrativo do Centro de Artes – UFES**. In: ENCONTRO NACIONAL E ENCONTRO LATINO-AMERICANO SOBRE EDIFICAÇÕES E COMUNIDADES SUSTENTÁVEIS, 4., 2011, Vitória. **Anais...** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo, 2011.

DIAS, B. Z.; LUCAS, T. P.; VENZON, M.; BISSOLI, M.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. **Interface entre as ferramentas de avaliação de edifícios em relação aos materiais de construção visando o desenvolvimento da ASUS**. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13., 2010, Canela. **Anais...** Canela: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

ECOTELHADO. **Ecotelhado: sistema galocha**. Disponível em: <<http://www.ecotelhado.com.br/Por/ecotelhado/SistemaModGaloc/default.aspx>>. Acesso em: 20 jun. 2012.

FOSSATI, M. **Metodologia para avaliação da sustentabilidade de projeto de edifícios: o caso de escritórios em Florianópolis**. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

FRANCELINO, P. R. O. **Subsídios para projeto e execução de revestimentos em granilite**. 2012. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2012. Disponível em: <http://web.set.eesc.usp.br/static/data/producao/2012ME_PatriciaRochadeOliveiraFrancelino.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2012.

FUNDAÇÃO Carlos Alberto Vanzolini. **Referencial técnico de certificação "Edifícios do setor de serviços - Processo AQUA"**: Escritórios e Edifícios escolares. São Paulo: FCAV, 2007.

GOOGLE INC. **Google Earth 6.1.0.5001**. 2011.

GREEN Star: office design v3 & office as built v3. Green Building Council of Australia, 2009.

GREEN BUILDING COUNCIL AUSTRALIA. **Background.** Disponível em: <<http://www.gbca.org.au/green-star/what-is-green-star/background/2140.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

GRUPO AGUILAR. **Módulos Produzidos.** Disponível em: <http://www.sahara.com.br/index.php?m=menu_home&action=produtos-solocimento>. Acesso em: 20 jun. 2012.

GUIDE Pratique du Référentiel pour la Qualité Environnementale des Bâtiments: Bureau/Enseignement. Paris: Certivéa, 2008.

HK-BEAM Society - Hong Kong Building Environmental Assessment Method: An environmental Assessment for new Building. Kowloon, Hong Kong, 2004.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. Agricultores recebem para preservar suas terras. **Desafios do Desenvolvimento.** Brasília, v. 43, p. 52-58, 2008. Disponível em: <<http://desafios2.ipea.gov.br/sites/000/17/edicoes/43/pdfs/rd43not07.pdf>>.

JAPAN GREENBUILD COUNCIL; JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM. **Dissemination of CASBEE in Japan.** Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/statistics.htm>>. Acesso em: 14 fev. 2012.

JAPAN GREENBUILD COUNCIL; JAPAN SUSTAINABLE BUILDING CONSORTIUM. **The Assessment Method Employed by CASBEE.** Disponível em: <<http://www.ibec.or.jp/CASBEE/english/methodE.htm>>. Acesso em: 15 fev. 2012.

JOHN, V. M.; OLIVEIRA, D. P.; LIMA, J. A. R. **Levantamento do estado da arte:** seleção de materiais. São Paulo: [s.b.], 2007. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-4_selecao_materiais.pdf>. Acesso em: 16 jan. 2012.

JOHN, V. M.; SATO, N. M. N. Durabilidade de componentes da construção. In: SATTler, M. A. (Org.); PEREIRA, F. O. R. (Org.). **Coletânea Habitar:** Construção e Meio Ambiente. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

JOHN, V. M.; SILVA, V. G.; AGOPYAN, V. **Agenda 21:** uma proposta de discussão para o construbusiness brasileiro. Disponível em: <<http://pcc5100.pcc.usp.br/arquivos/Constru%C3%A7%C3%A3o%20e%20desenvolvimento%20sustent%C3%A1vel/Agenda%2021%20Civil%20-%20evento%20ANTAC.pdf>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

LABORATÓRIO DE PLANEJAMENTO E PROJETOS. **Ferramenta ASUS:** referencial teórico. Disponível em: <<http://www.lppufes.org/asus/Referencial-Teorico.pdf>>. Acesso em: 10 maio 2012.

LEED 2009 for New Construction and Major Renovation. Washington, DC: U.S. Green Building Council, 2009.

LJUNGBERG, L. Y. Materials selection and design for development of sustainable products. **Materials and Design**. Skövde, v. 28, p. 466-479, 2007.

LUCAS, T. P.; VENZON, M.; DIAS, B. Z.; BISSOLI, M.; SOUZA, A. D. S.; ALVAREZ, C. E. **Critérios para caracterização dos materiais construtivos visando uma edificação mais sustentável: ênfase para o granito**. In: Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 8., 2010, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Universidade de São Paulo, 2010.

MORA, E. P. Life cycle, sustainability and transcendent quality of building materials. **Building and Environment**. Valência, v. 42, p. 1329-1334, 2007.

MOTTA, S. R. F.; AGUILAR, M. T. P. **Sustentabilidade e processos de projetos de edificações**. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 4, n 1, maio 2009.

OLIVEIRA, C. N. **O paradigma da sustentabilidade na seleção de materiais e componentes para edificações**, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

PREFEITURA DE VITÓRIA. **Dados Geográficos**. Disponível em: <<http://legado.vitoria.es.gov.br/regionais/geral/geograficos.asp>>. Acesso em: 27 fev. 2012.

SILVA, V. G. **Uso de materiais e sustentabilidade**. *Revista Sistemas Prediais*, v. 1, p. 30-34, 2007.

SILVA, V. G.; SILVA, M. G.; AGOPYAN, V. **Avaliação do desempenho ambiental de edifícios: estágio atual e perspectivas para o desenvolvimento no Brasil**. In: Encontro Nacional, 2., e Encontro Latino Americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis, 1., 2001, Canela, RS. **Anais**. Porto Alegre: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído (ANTAC), 2001. p. 367-373.

SOARES, S. R.; SOUZA, D. M.; PEREIRA, S. W. A avaliação do ciclo de vida no contexto da construção civil. In: SATTLER, M. A. (Org.); PEREIRA, F. O. R (Org.). **Coletânea Habitare: Construção e Meio Ambiente**. Porto Alegre: ANTAC, 2006.

SOUZA, A. D. S. **Ferramenta ASUS: Proposta preliminar para avaliação da sustentabilidade de edifícios brasileiros a partir da base conceitual da SBTool**. 2008. 168 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2008.

TUPER SISTEMAS CONSTRUTIVOS. **Telhas termoacústicas**. Disponível em: <<http://www.tupersc.com.br/pt/produtos/termo-acusticas/termo-acusticas-tprla.php#>>. Acesso em: 26 jul. 2012.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Laboratório de Planejamento e Projetos. **Plano Diretor Físico da Ufes**: Campus Alvor de Queiroz Araújo. Vitória: [s.n.], 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO. Prefeitura Universitária. **Levantamento Planialtimétrico do Campus de Goiabeiras**. 2006.

VECCHIA, F. A. S. **Cobertura Verde Leve (CVL)**: ensaio experimental. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO E ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2005, Maceió. Anais... 2005.

VITÓRIA Stone Fair 2010. **O Setor**. Feira Internacional do mármore e granito. Vitória, 2010. Disponível em: <<http://www.vitoriastonefair.com.br/site/27/pt/setor>>. Acesso em: 9 set. 2012.

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Report of the World Commission on Environment and Development**: Our Common Future. Disponível em: <<http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>>. Acesso em: 22 jan. 2012.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Relatório Planeta Vivo 2006**. Gland: WWF-World Wide Fund For Nature, 2006. Disponível em: <http://d3nehc6yl9qzo4.cloudfront.net/downloads/wwf_brasil_planeta_vivo_2006.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2012.

WWF-BRASIL. **O que compõe a Pegada?** Disponível em: <http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/pegada_ecologica/o_que_compoe_a_pegada/>. Acesso em: 11 jan. 2012.

APÊNDICE A - MEMORIAL DE CÁLCULO DE VOLUME PARA RESERVATÓRIO DE ÁGUA FRIA

1. Cálculo da ocupação dos ambientes - previsão da quantidade de pessoas utilizando simultaneamente o edifício em dia típico de atividades

Salas de Aula - Sala Multidisciplinar (x2) e Laboratório Multidisciplinar de Aprendizagem (x3)
Ocupação das Salas de Aula = $60 + 66 + 25 + 35 + 35 = 221$ pessoas

Biblioteca

Ocupação da Biblioteca = 24 pessoas

Sala de Reunião, Salas de Professores, Secretaria, Copa e Almojarifado

Ocupação da Sala de Reunião, Salas de Professores, Secretaria, Copa e Almojarifado = 8 pessoas

Ocupação Total da Edificação (NEM-CAR) = 253 pessoas

2. Consumo diário de água por pessoa de acordo com o livro “Instalações Hidráulicas e o Projeto de Arquitetura” do autor Roberto de Carvalho Júnior

Escolas, Edifícios Públicos, Escritórios = 50 litros/dia/pessoa

Consumo de água por dia no NEM-CAR = $253 \text{ pessoas} \times 50 \text{ litros/dia/pessoa} = 12650$ litros/dia

3. Cálculo preliminar da Reserva Técnica de Incêndio de acordo com a norma NBR 9077/2001 e Norma Técnica 15/2009 do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo

Reserva Técnica de Incêndio calculada conforme as características da edificação (área, uso e ocupação, entre outros):

Reserva Técnica de Incêndio = 5000 litros = 5m^3

4. Volume total necessário ao Reservatório de Água fria = Volume de Água necessário para abastecimento entre 1 e 3 dias (conforme recomenda a NBR 5626/1998) + Reserva Técnica de Incêndio

Volume total necessário ao reservatório de água fria do NEM-CAR = $(12650 \text{ litros/dia} \times 1,58 \text{ dias}) + 5000 \text{ litros} = \underline{25000 \text{ litros}} = \underline{25,0\text{m}^3}$