



Os condicionantes ambientais e o processo de desenvolvimento de projeto alicerçado no conceito de sustentabilidade em edificação no campus da UFES

Fernando Boechat Fanticlele (1), Karolyna Costa Aguiar (2) e Cristina Engel de Alvarez (3),

(1) Arquiteto Urbanista, Mestrando do Programa Pós Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGEC/UFES). E-mail: fernandobf.vix@gmail.com

(2) Arquiteta Urbanista, Mestranda do Programa Pós Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo (PPGEA/UFES). E-mail: karolaguair@gmail.com

(3) Professora Doutora, Coordenadora do Laboratório de Planejamento e Projetos da Universidade Federal do Espírito Santo (LPP/UFES). Email: engel@npd.ufes.br.

Resumo: *O principal campus da Universidade Federal do Espírito Santo localizado em Vitória (ES) situa-se próximo a áreas de interesse ambiental, como o manguezal e o Canal de Vitória, que faz com que as edificações projetadas para o local tenham que considerar as possíveis interferências nessas áreas. O objetivo foi aplicar os conceitos de sustentabilidade para o projeto do Núcleo de Estudos em Bioenergias tendo como premissa os condicionantes ambientais da região e as limitações técnicas do programa do edifício. A metodologia utilizada foi dividida em três partes: I. análise da área através da elaboração do inventário do local; II. definição das diretrizes a serem alcançadas em relação à busca do menor impacto tanto na etapa de construção como na etapa de operação do edifício; e III. estudo específico das limitações técnicas originadas na utilização dos equipamentos destinados às pesquisas científicas durante a fase de uso e operação. O resultado alcançado, além do projeto arquitetônico, foi o estabelecimento de uma sistemática que culminou no projeto, entendido como o momento de síntese de todo o processo, sendo ao final elaborado um quadro de alternativas projetuais que podem servir de guia para futuras edificações em locais semelhantes.*

Palavras-chave: *Eficiência energética; Metodologia de projeto; Sustentabilidade.*

Abstract: *The main campus of UFES located in Vitória (ES) is close to areas of environmental interest, such as mangrove and the Vitória channel, which means that the buildings designed for this kind of site have to consider the possible interferences in these areas. The propose was to apply the sustainability concepts in the Bioenergy Research Center project with the premise of the environmental area and the building program technical limitations. The methodology was divided into three parts: I. area analysis through the site inventory; II. guidelines definition to be achieved on the search for lower impact in the construction phase and on the building operation, and III. specific study of the technical limitations arising in the use of equipment for the scientific research during the building use and operation. The result, besides the architectural design was the systematics establishment that culminated in the design, understood as the moment at synthesis of the whole process, and in the end it was produced a framework of the design alternatives that can serve as a guide for future buildings in similar areas.*

Key-words: *Energy efficiency; Design Methodology; Sustainability.*

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório de Bioenergias, vinculado ao Departamento de Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES - foi projetado para uma área com grande potencial de aproveitamento dos recursos naturais e característica fragilidade ambiental pela proximidade do mangue, fatores considerados na elaboração da base conceitual do projeto com notória necessidade de inserção dos conceitos da sustentabilidade.

O principal campus da UFES, localizado no bairro de Goiabeiras, porção continental da Baía de Vitória – ES, situa-se próximo a áreas de proteção ambiental, como o Canal de Vitória e o manguezal, considerado o maior manguezal urbano do Brasil, segundo o professor da COPPE/UFRJ Paulo Cesar Rosman (PLANETACOPPE, 2006).

A ambiência do Campus de Goiabeiras caracteriza-se por representar uma situação similar a um parque urbano, cujas áreas ajardinadas se sobressaem em relação ao ambiente construído do entorno. Além disso, sendo limítrofe com uma extensa área de manguezais, a preocupação com a preservação da ambiência e dos recursos naturais torna-se ainda mais evidentes (UFES, 2008).



De acordo com Yeang (2001) um projeto ecológico ou “verde” se traduz em construir com um impacto ambiental mínimo e, se possível, criar edifícios com consequências positivas, reparadoras e produtivas para o meio ambiente natural, ao longo do tempo que a estrutura edificada se integra com os aspectos dos ecossistemas da biosfera durante seu ciclo de vida.

Considerando o caráter multidisciplinar que a proposta exige, o desenvolvimento do projeto envolveu dois laboratórios da UFES: o Laboratório de Planejamento e Projetos (LPP) e o Núcleo Água. Sendo um ambiente dedicado ao ensino e pesquisa, o projeto deveria ser “exemplar” considerando ainda o caráter público do local. Um fator de grande contribuição no processo de desenvolvimento do projeto foi o fato do LPP ter desenvolvido o Plano Diretor Físico da Universidade, como uma ação paralela de busca de ordenamento do espaço territorial do campus e da criação de uma nova mentalidade entre os usuários.

2. OBJETIVO

O objetivo da pesquisa foi a aplicação dos conceitos da denominada “arquitetura sustentável” para o desenvolvimento do projeto do Núcleo de Estudos em Bioenergias, visando através da prática projetual elaborar uma síntese das principais recomendações quanto aos conceitos: das estratégias bioclimáticas; aproveitamento de energia de biomassa; uso de energia fotovoltaica; flexibilidade dos espaços; gerenciamento água/esgoto sanitário; adequação à paisagem e até mesmo o próprio uso.

3. METODOLOGIA

Os condicionantes ambientais da região e as limitações técnicas do programa do edifício influenciaram diretamente na concepção projetual, sendo que a metodologia empregada na pesquisa foi dividida em 3 fases, conforme demonstradas na Figura 1.

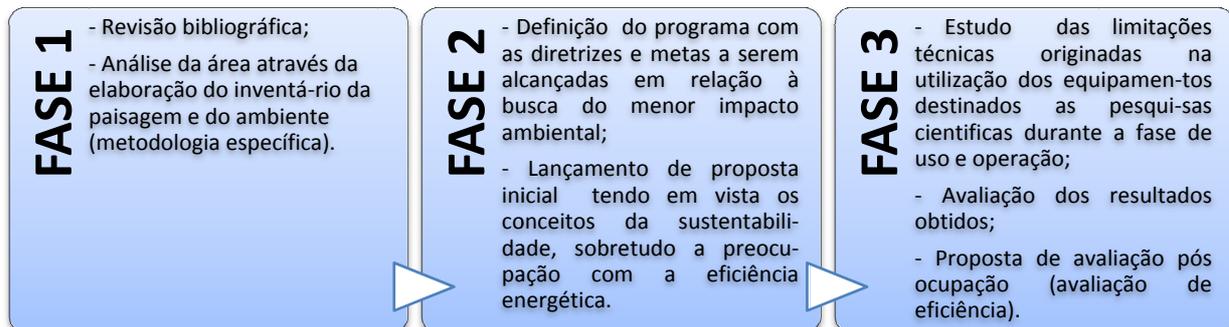


FIGURA 1 – Síntese da metodologia utilizada na pesquisa.

4. GASEIFICAÇÃO DA BIOMASSA - LABORATÓRIOS ACADÊMICOS

Um dos maiores desafios tecnológicos deste século é encontrar fontes alternativas de energia de maneira a alterar o modelo energético atual, adotado na maior parte dos países, baseado na utilização de combustíveis fósseis para a geração de energia, visto que tal modelo se baseia em processos com alta emissão de gases de efeito estufa.

O Brasil, todavia, tem grande parte de seu parque gerador elétrico fundamentado em hidroelétricas, maneira de produção de energia de baixa emissão de gases de efeito estufa. A questão, porém, segundo Ribeiro, Santos e Praxedes (2009) é como se realizará a expansão do sistema elétrico nacional, já que o país está perto do limite técnico-econômico dos aproveitamentos hidrelétricos socialmente aceitáveis.

De acordo com a ANEEL (2008), a biomassa é uma das fontes para produção de energia com maior potencial de crescimento nos próximos anos. No mercado internacional e no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética e a conseqüente diminuição da dependência dos combustíveis fósseis, pois da biomassa é possível adquirir energia elétrica e biocombustíveis, como o biodiesel e o etanol, cujo consumo é crescente em substituição a derivados de petróleo como o óleo diesel e a gasolina (ANEEL, 2008).



Existem diversos processos para conversão energética da biomassa. Conforme ANEEL (2008), para aumentar a eficiência do processo e reduzir impactos socioambientais, tem-se desenvolvido e aperfeiçoado tecnologias de conversão mais eficientes, como a gaseificação, que é um processo de conversão de combustíveis sólidos em gasosos por meio de reações termoquímicas, envolvendo vapor quente e ar, ou oxigênio, em quantidades inferiores à estequiométrica (mínimo teórico para a combustão). Segundo DGS e ECOFYS (2005) a gaseificação em pequena escala e descentralizada possui grande potencial para utilização na produção de eletricidade.

As pesquisas com processos de gaseificação para a geração de energia tem avançado e, devido a busca por fontes de energia renováveis vários projetos de pesquisa envolvem a gaseificação atualmente. O Quadro 1 apresenta algumas das principais universidades brasileiras e internacionais com pesquisas relacionadas ao tema.

QUADRO 1 - Pesquisas relacionadas a bioenergia, realizadas nas principais universidades brasileiras e no exterior, baseado em CENBIO (2002) e CNPQ (2006).

Instituição	Pesquisa
UNICAMP Universidade Estadual de Campinas	Faculdade de Engenharia Mecânica - Departamento de Engenharia Térmica e de Fluidos – DETF. Pesquisas: Equipamentos para eficiente combustão de biomassa, resíduos e combustíveis renováveis. Gaseificação de biomassa. Geração de energia elétrica por gaseificação de casca de arroz. Desenvolvimento científico e aprimoramento tecnológico da conversão de biomassa em combustíveis de maior valor agregado.
UnB Universidade de Brasília	Departamento de Engenharia Mecânica e Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS) - Laboratório de Energia e Ambiente. Pesquisa: Queima de Biomassa – Modelagem e Simulação. Em 2007 foi desenvolvido um gaseificador que transforma resíduos vegetais em energia elétrica, para ser utilizado numa comunidade na Bahia pelo programa Luz para Todos do Ministério de Minas e Energia
UFRJ Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro	Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais centro ancorado na COPPE/UFRJ. Pesquisa: Aproveitamento Energético dos Resíduos e Biomassa
UFSC Universidade Federal de Santa Catarina	Departamento de Engenharia Mecânica. Laboratório de Combustão e Energia Térmica Pesquisa: Aproveitamento energético do biogás no aterro sanitário de Biguaçu - SC para geração de energia elétrica e térmica.
USP Universidade de São Paulo	Centro Nacional de Referência em Biomassa (CENBIO), Instituto de Eletrotécnica e Energia. Pesquisas: GASEIBRAS - "Nacionalização da Tecnologia de Gaseificação de Biomassa e Formação de Recursos Humanos na Região Norte". GASEIFAMAZ - "Comparação entre Tecnologias de Gaseificação de Biomassa Existentes no Brasil e no Exterior e Formação de Recursos Humanos na Região Norte".
UFRGS Universidade Federal do Rio Grande do Sul	Laboratório de Processamento de Resíduos (LPR) do Departamento de Engenharia Química. Pesquisa: Estudo sobre a possibilidade de utilizar os resíduos de couro (biomassa) para a geração de energia.
UPE Universidade de Pernambuco	Laboratório de Combustíveis e Energia da Escola Politécnica (POLICOM). Pesquisa: Estudo e implantação de planta piloto de geração de energia térmica e elétrica utilizando gaseificação de bagaço de cana e biomassa. Geração de energia elétrica utilizando resíduos rurais em comunidades isoladas.
University of Wales (Reino Unido)	Departamento de Engenharia Mecânica e Estudos da Energia. Pesquisa: Desenvolvimento de um gaseificador de leito fixo de 200 kW. O sistema usa os resíduos da colheita da agricultura.
Zaragoza University (Espanha)	Pesquisa: projeto Joule "Sistema Híbrido Vento – Biomassa para a Geração de Eletricidade Rural". O objetivo global deste projeto é desenvolver um sistema para fornecer eletricidade para áreas rurais sem o uso de combustível fóssil. Desenvolvimento de um gaseificador a ar co-corrente de 50 kg/h.

4.1. Grupo de Energia, Biomassa & Meio Ambiente – EBMA – UFPA

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico do Laboratório de Bioenergia da UFES, as principais referências – principalmente no aspecto funcional – foram obtidas através do estudo das instalações do Grupo de Pesquisa em Energia, Biomassa e Meio Ambiente (EBMA), vinculado à Universidade Federal do Pará (UFPA) que desde 2006 vem estudando a possibilidade de gaseificar biomassa utilizando



recursos da região Amazônica, a fim de beneficiar a população com a geração de energia elétrica, principalmente comunidades isoladas (EBMA, 2009).

O EBMA localiza-se no edifício do Laboratório de Engenharia Mecânica da UFPA, que possui uma infraestrutura que permite o desenvolvimento de pesquisas numéricas e experimentais. O EBMA realiza análises das propriedades termofísicas da biomassa disponível na Região Amazônica, e também, desenvolve pesquisas relacionadas à combustão de biomassa para geração de energia elétrica (EBMA, 2009). A infraestrutura do EBMA é composta de: sala de coordenação; sala de pesquisadores, sala de alunos bolsistas, sala de controle, laboratório de análises, laboratório de geração/ turbina a vapor, silos para biomassa, caldeira e fornalha.

No Laboratório de Geração de Energia (Figura 2), estão localizados a turbina e o gerador. Os sinais de temperatura e pressão de vapor, quantidade de líquido condensado e torque do gerador, são enviados à sala de controle. A biomassa, a ser queimada na fornalha, é armazenada nos silos (Figura 3), e a alimentação dos silos é realizada por meio de correias transportadoras. Válvulas rotativas abaixo dos silos, alimentam a fornalha, sendo o processo todo automatizado, comandado pelo computador da sala de controle (EBMA, 2009).



FIGURA 2 - Laboratório de geração de energia.
Fonte: EBMA, 2009.



FIGURA 3 - Silos de biomassa.
Fonte: EBMA, 2009.

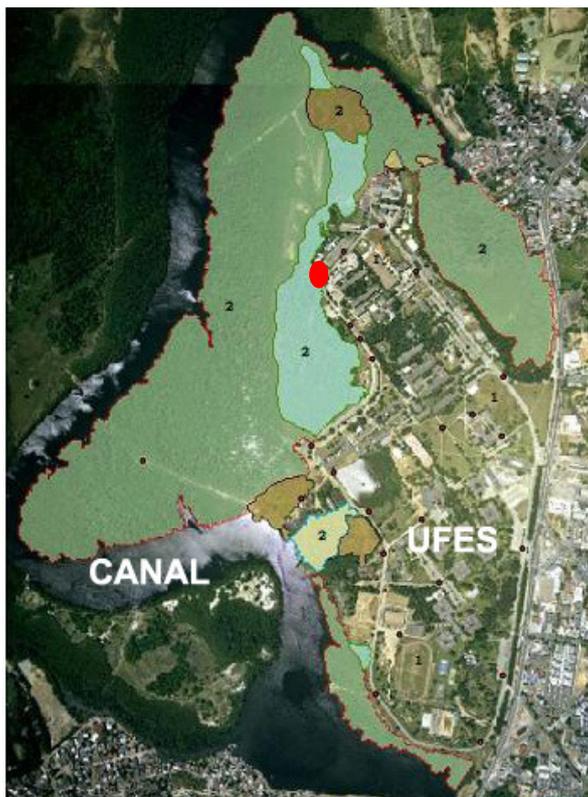
5. CONCEITOS E DIRETRIZES PROJETOAIS

5.1. Legislação Urbanística e Ambiental

Conforme o Plano Diretor Urbano (PDU) de Vitória, instituído pela Lei nº 6.705 de 2006, o Campus de Goiabeiras da UFES, e conseqüentemente o local de implantação, estão inseridos na ZEE3 - Zona de Equipamentos Especiais 3 - que é margeada ao norte, oeste, sul e parte do leste por uma Zona de Proteção Ambiental - ZPA 2 (Vitória, 2006). O referido campus engloba estas duas zonas e possui uma área total de 1.592.545 m², sendo que a zona edificada compreende uma área de 699.117 m² e a zona de proteção ambiental compreende uma área de 893.428 m² (UFES, 2005).

De acordo com o PDU de Vitória, a UFES é responsável pela elaboração do Plano Diretor específico para ordenação das formas de uso e ocupação do solo e de seus equipamentos. Durante o desenvolvimento do projeto do Laboratório de Bioenergias, o Plano Diretor Físico - PDF - do campus de Goiabeiras da UFES estava sendo elaborado também pelo LPP, fato que possibilitou que o projeto abrangesse as diretrizes propostas no PDF.

A partir da Resolução nº. 47/2005 do Conselho Universitário, áreas inseridas na ZPA 2 e na ZEE3 foram aprovadas como Unidades de Conservação que são representadas por quatro fitofisionomias distintas: manguezal, vegetação de tabuleiro, vegetação de afloramento rochoso e vegetação de transição (UFES, 2005) conforme apresenta a Figura 4.

**Legenda:**

● Pontos de georeferenciamento

1 – Zona paisagística edificada (ZPE) = 699.117 m²
2 – Zona de proteção ambiental (ZPA) = 893.428 m²
constituída por:

■ manguezal (Mg) = 717.994 m²

■ vegetação de tabuleiro (VTa) = 17.129 m²

■ vegetação de afloramentos rochosos (VAR) = 47.264 m²

■ vegetação de transição (VT) = 111.041 m²

● Local de implantação

FIGURA 4 - Zoneamento e cobertura vegetal, indicando a área de abrangência da Unidade de Conservação.
Fonte: UFES (2005, p. 16).

Conforme o artigo 4º dessa resolução, a Unidade de Conservação tem como objetivo principal “disciplinar o processo de uso, assegurando a sustentabilidade dos recursos naturais e a conservação da biodiversidade local”, e tem como objetivos específicos:

I – Possibilitar a visitação pública com fim educacional; II – Permitir pesquisas científicas com autorização do órgão gestor; III – Implementar e adequar ações voltadas ao uso sustentável dos recursos naturais; IV – Viabilizar medidas de recuperação dos seus ecossistemas alterados e ações de manejo necessárias para preservar e recuperar o equilíbrio natural (UFES, 2005, art. 5º).

Observa-se que a edificação proposta está inserida na ZEE 3, que tem como um de seus limites uma massa de vegetação de transição, mapeada no zoneamento da área de abrangência da Unidade de Conservação, interferindo fortemente no processo projetual.

5.2. Definição do programa

No desenvolvimento do programa de necessidades do Laboratório de Bioenergias foram levantados diversos fatores determinantes na disposição espacial e volumétrica do edifício, como o fato de ser um laboratório que transforma biomassa em energia elétrica e envolve o uso específico de equipamentos que necessitam de proteção e localização especial, como o gaseificador, que é o principal instrumento do processo de transformação da biomassa em energia.

Junto ao processo de transformação da matéria orgânica, áreas de apoio para dar suporte ao laboratório de bioenergias são necessárias, assim, no programa foram incluídos laboratórios de microbiologia e físico-química. Por trata-se de um laboratório inserido em uma universidade, previu-se também espaços para abrigar os pesquisadores e o quadro de pessoal envolvido nas atividades previstas para o Laboratório durante a fase de uso e operação. No entanto, mesmo existindo a necessidade de vários ambientes distintos, todos deveriam ser conectados, como demonstrado no fluxograma simplificado da Figura 5.

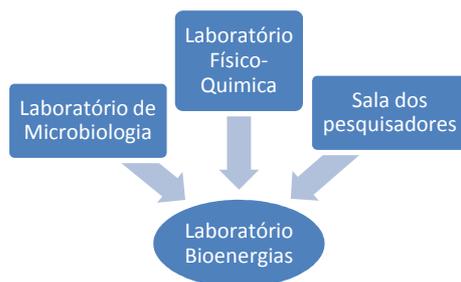


FIGURA 5 – Fluxograma simplificado com os principais ambientes do laboratório.

O caráter específico do programa reporta à legislação de bio-segurança em laboratórios, e essa questão foi prevista ao projetar os espaços de manipulação do material da pesquisa. Ao mesmo tempo, há a situação de segurança em caso de incêndio, onde a previsão de saídas de emergência é de significativa importância, bem como o fácil acesso à área de escape.

5.3. Sustentabilidade no projeto arquitetônico

De maneira geral, a arquitetura sustentável objetiva o aumento da qualidade de vida das pessoas no ambiente construído e seu entorno, proporcionando a integração com as características locais e a eficiência energética compatível com o conforto ambiental (CORBELLA e YANNAS, 2003). Tal experiência deve ser o estímulo para a produção de edifícios mais sustentáveis e que assumam o caráter da preocupação ambiental desde a fase de concepção até as etapas de uso e operação.

Segundo Zambrano e Bastos (2008) a análise do sítio, de seu entorno, de seus habitantes, bem como das premissas e critérios presentes no programa, permite o planejamento e diagnóstico detalhado, fato que determina de maneira decisiva para a qualidade do projeto. Assim, de acordo com Cunha (2005) a questão urbano-ambiental não envolve apenas os usuários perante uma situação específica, mas o futuro da humanidade a longo prazo e a qualidade de vida a médio e curto prazo.

Especificidades em projeto, como a situação proposta, requerem uma pesquisa intensa acerca de como utilizar os recursos disponíveis no local, que cause menor impacto durante e depois de construído e que seja eficiente sob o ponto de vista energético. Segundo Yeang (1999) antes de relacionar o projeto com o seu entorno, é vital ter um exato conhecimento do ecossistema, pois é preciso primeiramente estudar e analisar holisticamente, o ecossistema em que se implanta o projeto, a fim de que se possa chegar a compreender detalhadamente todos seus componentes e processos (por exemplo, as transformações energéticas) e sua suscetibilidade ao clima e a intervenção prevista no projeto. Dessa forma, entende-se que desde a concepção dos estudos iniciais, o processo projetual deve envolver e preocupar-se com todas as esferas definidas no conceito de sustentabilidade: a social, a econômica e a ambiental.

Assim, dentro do contexto de um projeto para uma arquitetura sustentável, Gonçalves e Duarte (2006) definem que o desempenho ambiental deve estar atrelado ao conforto e à eficiência energética dentro do conceito de sustentabilidade. Dessa forma, o projeto arquitetônico inclui o estudo dos seguintes tópicos: (a) orientação solar; (b) forma arquitetônica, arranjos espaciais, zoneamento dos usos internos do edifício e geometria ótima dos espaços internos; (c) características, condicionantes ambientais e tratamento do entorno imediato; (d) materiais da estrutura, das vedações internas e externas, considerando desempenho térmico e cores; (e) tratamento das fachadas e coberturas de acordo com a necessidade de proteção solar; (f) detalhamento das proteções solares considerando o tipo e dimensionamento; (g) detalhamento das esquadrias; e (h) previsão de uso de fontes de energia renováveis.

6. RESULTADOS

Os conceitos adotados na concepção do edifício buscam satisfazer os objetivos propostos considerando as estratégias adequadas de conforto ambiental e de uso adequado dos recursos naturais.

A interação com o ambiente torna-se clara pela proximidade com as áreas de preservação ambiental e pela necessidade de inserir uma edificação que contribua para a valorização da paisagem e que funcione como um marco no contexto em que se pretende inserir. A Figura 6 faz uma aproximação da área pesquisada e contextualiza com as edificações vizinhas ao Núcleo de Estudos em Bioenergias.



ELECS 2009

Recife | 28 a 30 de outubro de 2009

V Encontro Nacional
e III Encontro Latino-Americano
sobre Edificações
e Comunidades Sustentáveis



Legenda:

1. Laboratório de Bioenergias
2. Depósito,
3. Estufa
4. Sala de estudos e biblioteca
5. Sanitários masculino e feminino / 2 salas de professores
6. Auditório e almoxarifado
7. Laboratório,
8. Leito de secagem
9. Biofiltro aerado submerso
10. Floculador
11. Leito de secagem
12. Sistema compacto de tratamento de água para piscicultura em circuito fechado
13. Laboratório de precipitação eletrostática do DEA
14. Apoio
15. Gráfica universitária
16. CT Engenharia Ambiental
17. CT V - ITUFE
18. CT Cantina
19. CT VI – Petrobrás
20. CT II

FIGURA 6 – Implantação da edificação proposta.

Tendo em vista os conceitos citados, buscou-se a partir da implantação, a maximização do conforto ambiental do edifício, o amplo aproveitamento da iluminação e ventilação naturais, sobretudo nas plataformas de trabalho e áreas de permanência prolongada. A edificação, projetada de forma modular e com grande flexibilidade para futuras modificações, foi dividida em dois blocos, principalmente em função da necessidade de segurança exigido pelo gaseificador.

A orientação do edifício em função dos ventos dominantes favoráveis é fundamental para proporcionar maior conforto ambiental, com meios naturais, nos climas quente-úmidos, além de minimizar a utilização de condicionamento artificial. Porém, por o clima local não permitir a obtenção de conforto apenas com a adoção de mecanismos de proteção solar e ventilação (LAMBERTS; DUTRA & PEREIRA, 1997), foi prevista também a instalação de sistemas de condicionamento artificial, cujo uso deverá ser restrito aos períodos em que o condicionamento natural não for suficiente.

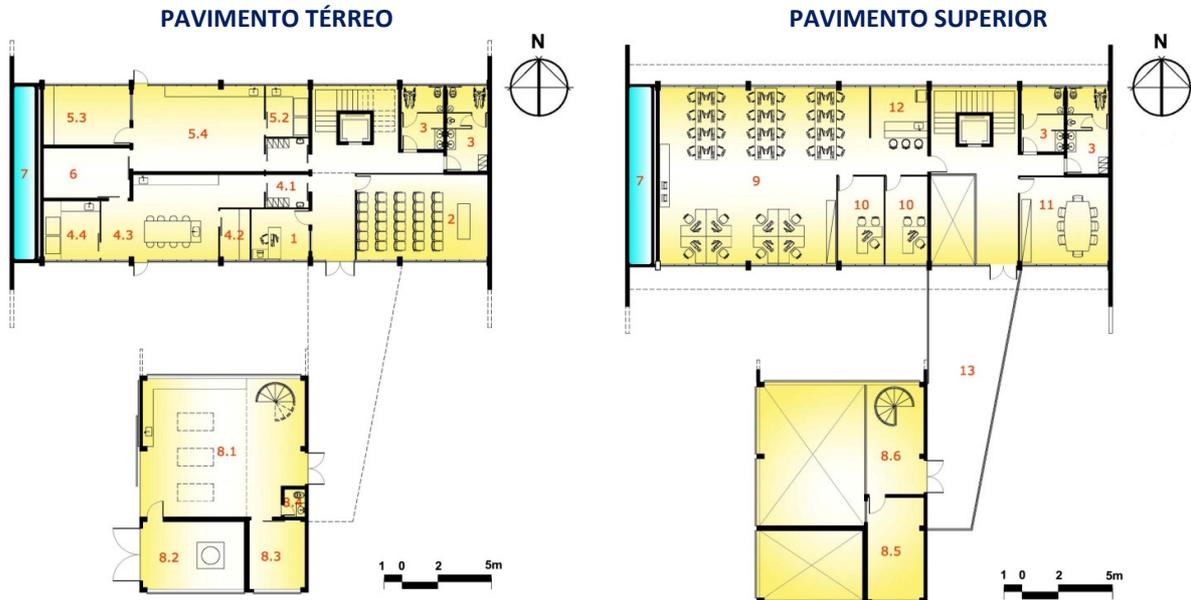
Além da orientação, a forma do edifício também influencia na carga térmica recebida por ele. “A forma deve ser escolhida em função da orientação disponível, de maneira a minimizar a carga térmica recebida e, conseqüentemente, o consumo de energia operante” (MASCARÓ, 1991, p. 23). De acordo com as diretrizes estabelecidas, chegou-se por meio de diversas simulações a uma forma considerada “ótima”. A Figura 6 apresenta o edifício, composto por 2 blocos, sendo o bloco de menor altura, o que abriga o Laboratório de Bioenergias e equipamentos, como o gaseificador descrito no programa. A forma dos edifícios tem influência significativa no conforto ambiental, pois por meio das aberturas e da disposição dos elementos arquitetônicos se obtêm adequados níveis de iluminação, ventilação e conforto térmico.



FIGURA 6 – Simulação volumétrica da porção frontal do edifício a partir da via de acesso de veículos.



A divisão do programa em dois edifícios que se comunicam por meio de uma passarela foi a alternativa adotada para abrigar o Laboratório de Bioenergias com suas especificidades e, ao mesmo tempo, instalar o gaseificador obedecendo às recomendações de segurança, baseado no fato de haver a possibilidade de explosão durante o processo de experimentação. O programa do edifício foi dividido em dois pavimentos (Figura 7), onde o pavimento superior abriga a sala de pesquisadores, em função de serem ambientes com menores exigências em relação à questão de segurança em caso de incêndio e pânico.



1. Administração; 2. Sala de treinamento; 3. Sanitário; 4. Laboratório microbiologia; 4.1. Vestiário; 4.2. Balanças; 4.3. Laboratório; 4.4. Capelas; 5. Laboratório bioenergias; 5.1. Vestiário; 5.2. Capelas; 5.3. Sala de apoio; 5.4. Laboratório; 6. Almojarifado; 7. Reservatório de água pluvial; 8. Laboratório de Bioenergias; 8.1. Área de experimentos; 8.2. Gaseificador; 8.3. Almojarifado; 8.4. Sanitário; 8.5. Sala de apoio; 8.6. Mezanino; 9. Sala dos pesquisadores; 10. Sala de professor; 11. Sala de reunião; 12. Copa; 13. Passarela.

FIGURA 7 – Planta baixa esquemática dos pavimentos térreo e superior.

A questão da água foi fundamental no projeto, sendo propostos dispositivos para o aproveitamento das águas pluviais - para a rega de jardim e limpeza em geral - e o reuso de água cinza para descarga de vaso sanitário. No sistema de aproveitamento de águas pluviais não é necessário o uso de bombas, fato que torna a edificação mais eficiente sob o ponto de vista energético, pois o reservatório de água localiza-se na parede lateral da edificação e logo abaixo da calha de captação. Dentre os aparelhos sanitários economizadores adotados destacam-se os vasos sanitários segregadores de fezes e urina e os mictórios masculinos e femininos, sendo este último com caráter experimental.

Ainda em relação ao aspecto energético, a utilização de energias renováveis foi prevista na concepção do edifício, tendo sido projetada uma ampla cobertura voltada para o Norte e com inclinação adequada para a instalação de painéis fotovoltaicos para a produção de energia. A Figura 8 apresenta as principais estratégias adotadas no projeto.

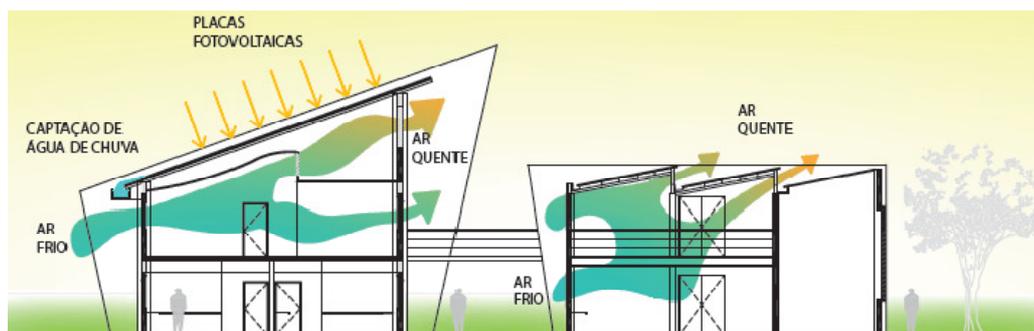


FIGURA 8 – Corte esquemático demonstrativo das principais estratégias adotadas.



O sistema de esgotamento sanitário também foi alvo de atenção através da adoção da segregação das águas negras em águas marrons (fezes, água e papel higiênico) e amarelas (urina e água) visando o aproveitamento dos dejetos finais na produção de energia e/ou uso na agricultura, sendo a urina utilizada como fertilizante nos jardins e as águas marrons, como biomassa para geração de energia pelo gaseificador da própria edificação.

Em síntese, considerando a fase de operação da edificação e estando inserido dentro do contexto de uma universidade federal, buscou-se reduzir ao máximo o consumo de energia e os custos de manutenção através da adoção de estratégias de implantação, definição da geometria ótima da edificação, arranjos internos e especificação de materiais de revestimento externo e interno que garantam a máxima eficiência de recursos passivos de iluminação e ventilação, bem como o reuso de água. As alternativas projetuais adotadas são apresentadas no Quadro 2 e podem servir de guia para futuras edificações em locais semelhantes.

QUADRO 2 - Resumo das principais alternativas projetuais adotadas no projeto, baseado em Penteadó e Alvarez (2006).

ALTERNATIVAS PROJETUAIS	JUSTIFICATIVAS
ESCOLHA MATERIAIS	Utilização do tijolo cru nas vedações, pelo baixo consumo energético em sua fabricação. As esquadrias em PVC e vidro possuem tela para proteção contra insetos, abundantes em áreas de manguezal.
ORIENTAÇÃO SOLAR	Consideração da orientação solar nos edifícios, sendo a volumetria desenvolvida a fim de permitir o máximo de conforto para o usuário e com áreas de cobertura voltadas para o norte com declividade adequada para a instalação de placas fotovoltaicas para a produção de energia.
VENTILAÇÃO	Orientação dos edifícios de forma a promover um melhor aproveitamento dos ventos dominantes, estimulando a ventilação cruzada nos ambientes, auxiliando no maior conforto ambiental, além de minimizar a utilização de condicionamento artificial. As esquadrias são dotadas de dispositivos que possibilitam a ventilação higiênica de forma a promover a renovação do ar.
ENERGIA	Utilização de placas fotovoltaicas na cobertura para a obtenção de energia, visando especialmente à difusão de tecnologias energéticas adequadas. Obtenção de energia através da biomassa.
ÁGUA E EFLUENTES SANITÁRIOS	Aproveitamento de água pluvial para rega de jardim e lavagem de área pavimentada. Reuso de águas cinza para descarga do vaso sanitário. Uso das águas amarelas como fertilizante no jardim. Uso das águas marrons, como biomassa para geração de energia pelo gaseificador.
CONFORTO	Sombreamento das fachadas possibilitado pela utilização de brises e vegetação próxima às janelas. Por o clima local não permitir a obtenção de conforto apenas com a adoção de mecanismos de proteção solar e ventilação (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 1997), foi prevista a instalação de sistemas de condicionamento artificial de ar.
RESÍDUOS	Utilização de lixeiras para segregação dos resíduos secos em papel, vidro, metal, plástico, e dos resíduos úmidos para facilitar a coleta seletiva e promover a educação ambiental.
COBERTURA	A cobertura em telha metálica termoacústica auxilia no isolamento térmico e atenua o escoamento superficial da área de captação de água de chuva.
VEDAÇÕES	Tijolo de terra crua, pela mensagem ecológica embutida em sua produção e por suas características físico-mecânicas.
ACESSIBILIDADE	Rotas acessíveis tanto no exterior quanto no interior do edifício, incorporando os estacionamentos e as calçadas. A adoção de elevador hidráulico para vencer os níveis do edifício garante plena acessibilidade para deficientes locomotores (cadeirante) em todos os ambientes. A opção do elevador em detrenamento da rampa ocorreu devido a considerável área que uma rampa exige em relação à área disponível.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento do projeto, trabalhou-se com a superação de desafios, como aqueles que se referem à inserção de princípios e conceitos de sustentabilidade na concepção projetual e sua característica fragilidade ambiental pela proximidade do mangue. O projeto apresenta alternativas viáveis dentro do contexto em que esta inserido, buscando a utilização de tecnologias que possam ser reaplicadas em edificações localizadas em áreas semelhantes.

Após a construção da edificação, a partir de recursos disponibilizados pela Petrobrás, espera-se que o Núcleo de Estudos em Bioenergias seja um edifício modelo no campus universitário da UFES, de forma a difundir a idéia que existem outras formas de construir que causam menos impacto ao meio ambiente, sejam mais eficientes energeticamente, consumam menos água, gerem menos esgoto, emitam menos gases que provocam o efeito estufa e, conseqüentemente, melhorem a saúde e qualidade de vida da população. Durante a construção do edifício pretende-se fazer o devido acompanhamento e proceder à avaliação pós-ocupação para comprovação da eficiência efetiva x teórica.



8. REFERÊNCIAS

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3. ed. Brasília: 2008. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/arquivos/PDF/atlas3ed.pdf>>. Acesso em: 28 jul. 2009.

CENBIO - Centro Nacional de Referência em Biomassa. **Comparação entre tecnologias de gaseificação de biomassa existentes no Brasil e no exterior e formação de recursos humanos na região norte**. São Paulo, 2002. Disponível em: <http://cenbio.iee.usp.br/download/publicacoes/Estado_da_Arte.pdf>. Acesso em: 29 jul. 2009.

CNPQ - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. **EDITAL MCT/CNPQ/CT-ENERG 33/2006** - Combustão e gaseificação. Disponível em: <http://sigcti.mct.gov.br/fundos/rel/ctl/ctl.php?act=dem.prj_lst&idd=210>. Acesso em: 28 jul. 2009.

CORBELLA, O; YANNAS, S. Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os Trópicos. Rio de Janeiro: FAPERJ, Revan, 2003.

CUNHA, E. G. da. **Elementos de Arquitetura de Climatização Natural**. 2. ed. Passo Fundo: UPF, 2005.

EBMA - Grupo de Energia, Biomassa & Meio Ambiente. 2009. Disponível em: <<http://www2.ufpa.br/ebma/>>. Acesso em: 30 jul. 2009.

GERMAN SOLAR ENERGY SOCIETY (DGS) AND ECOFYS. **Planning and installing bioenergy systems: a guide for installers, architects and engineers**. USA: James & James, 2005.

GONÇALVES, J. C. S.; DUARTE, D. H. S. **Arquitetura Sustentável: uma integração entre ambiente, projeto e tecnologia em experiências de pesquisa, prática e ensino**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 4, 2006.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997.

MASCARÓ, L. R. de. **Energia na Edificação: Estratégias para minimizar seu consumo**. 2. ed. São Paulo: Projeto, 1991.

PENTEADO, H. M.; ALVAREZ, C. E. **Corredores Verdes Urbanos: Estudo de viabilidade para a conexão ecológico-ambiental das áreas verdes de Vitória**. Vitória: LPP/CAR/UFES, 2006.

PlanetaCOPPE. **COPPE transfere tecnologia para o estado do Espírito Santo**. 2006. Disponível em: <<http://www.planeta.coppe.ufjf.br/artigo.php?artigo=830>>. Acesso em: 03 ago. 2009.

RIBEIRO, F. de M. SANTOS, F. C. B. PRAXEDES, M. **O setor elétrico brasileiro no enfrentamento dos desafios climáticos: oportunidades ocultas no aproveitamento de desperdícios**. 2009. Disponível em: <http://www.usp.br/mudarfuturo/2009/pdf/09_05_22_cap4.pdf>. Acesso em: 28 jul. 2009.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (UFES). **Plano Diretor Físico da Ufes: Campus Alvor de Queirós Araújo: diagnóstico preliminar**. Vitória: LPP / UFES, 2008.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO (UFES). **Resolução 41/2005** de 21 de dezembro de 2005.

VITÓRIA. **Lei nº 6.705**, de 2006. Institui o Plano Diretor Urbano do Município de Vitória e dá outras providências. Prefeitura Municipal de Vitória, Vitória, 2006.

YEANG, K. **El rascacielos ecológicos**. Barcelona: Gustavo Gili. 2001.

YEANG, K. **Proyectar con la naturaleza**. Bases ecológicas para el proyecto arquitectónico. Barcelona: Gustavo Gili. 1999

ZAMBRANO, L. M. DE A. ; BASTOS, L. E. G. . Integração dos princípios da sustentabilidade ao projeto de arquitetura. In: NUTAU 2008, 2008, São Paulo. **Anais do NUTAU 2008**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2008.

9. AGRADECIMENTOS

Ao Núcleo Água pela disponibilização dos recursos e conhecimentos fundamentais para a viabilidade da pesquisa.