



PROJETO CASA EFICIENTE: DEMONSTRAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÃO UNIFAMILIAR

**Alexandra Albuquerque Maciel; Suely Ferraz de Andrade; Eloir Carlos Gugel;
Juliana Oliveira Batista; Devis Luis Marinoski; Roberto Lamberts**

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações
Universidade Federal de Santa Catarina – Campus Universitário – Trindade
ECV/NPC/LabEEE, Caixa Postal 476 – CEP 88040-900.
Email: energia@labeee.ufsc.br - Homepage: www.labeee.ufsc.br

RESUMO

Proposta: A Casa Eficiente é um projeto demonstração de eficiência energética em habitação unifamiliar desenvolvido com o objetivo de incentivar a aplicação de soluções inovadoras e eficientes na construção civil, visando o uso racional da energia e água, e o menor impacto ambiental causado pelas edificações. Este trabalho apresenta os conceitos de eficiência energética, sustentabilidade e desempenho ambiental envolvidos no desenvolvimento do projeto, bem como as suas aplicações em algumas das etapas construtivas da Casa Eficiente. **Método de pesquisa/Abordagens:** A Casa Eficiente será uma vitrine de tecnologias apresentadas através de um protótipo residencial construído na cidade de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil. O projeto leva em consideração os condicionantes climáticos locais, sistemas alternativos de resfriamento, uso racional de água e aplicação de materiais de menor impacto ambiental. **Resultados:** Durante o processo de construção da casa foram aplicadas estratégias passivas de condicionamento de ar e aquecimento solar de água, também um sistema de aproveitamento de águas pluviais e tratamento de efluentes. Além disso, está sendo implementado o uso da tecnologia de geração de energia solar fotovoltaica interligada a rede elétrica. **Contribuições/Originalidade:** A residência será um ambiente para demonstração e desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa, onde as soluções e sistemas implementados poderão ser observados através da visitação pública ou virtual, incluindo dados de monitoramento ambiental e de consumo.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Projeto de Demonstração, Casa Eficiente.

ABSTRACT

Proposal: The project of the Efficient House aims to demonstrate housing energy efficient solutions. It was developed to promote the adoption of innovative and efficient solutions in building construction, the rational use of energy and water and a lower building environmental impact. This project integrates concepts of energy efficiency, sustainability and environmental performance, which are applied in practice through some of the building construction stages of the Efficient House.

Research Approach: The Efficient House will be a show room of passive strategies and related technologies, which are presented in a housing prototype, built in the city of Florianópolis, Santa Catarina in Brazil. The project takes into account the local climate requirements, passive strategies for cooling, rational use of water and materials of lower environmental impact. **Results:** During the building process, passive strategies for cooling and thermal solar water systems were integrated as well as a rainwater catchments system and the biological treatment of grey water. Furthermore, PV systems connected to the grind were integrated in the design of the main roof. **Output/Innovation:** This house will create the environment for research and teaching activities. The strategies and applied technology can be evaluated in loco through guided tours or virtually in the website, which will include the monitoring data of energy consume and internal climate.

Keywords: Energy Efficiency, Demonstration project, Efficient House.

1. INTRODUÇÃO

Segundo definição da Comissão Mundial de Desenvolvimento e Meio ambiente (WCED, 1987), a sustentabilidade baseia-se no “desenvolvimento de acordo com as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazer suas próprias necessidades”. No ambiente construído, aspectos como o uso da energia, da água, e dos materiais, se inter-relacionam, e seu impacto sobre as gerações futuras deve ser uma preocupação em um projeto realmente sustentável.

Os processos de interação do clima com a edificação podem ser explorados através de estratégias bioclimáticas e tecnologias passivas no projeto arquitetônico, proporcionando melhores condições de conforto térmico nos ambientes e menores gastos energéticos (MACIEL, 2002). No caso de sistemas passivos de resfriamento, GIVONI (1994) destaca que estes consistem em técnicas simples para a diminuição da temperatura interna através do uso de fontes de energia naturais.

Em avaliação, baseada em simulações de edifícios climatizados em São Paulo, ROMÉRO (1998) demonstra a possibilidade de se obter até 12,1% de economia de energia a partir de medidas adotadas na etapa de projeto. Em prédios já projetados dentro do conceito de eficiência energética, a economia pode chegar a 50%. A economia se dá principalmente pela minimização do consumo de energia para condicionamento de ar, uma vez que, um projeto arquitetônico adequado pode, segundo GIVONI (1994), minimizar a elevação da temperatura média diurna pelos ganhos solares diretos ou indiretos.

No setor residencial brasileiro, o consumo em condicionamento de ar ainda é pequeno, mas cresce significativamente com o aumento do poder aquisitivo (MME, 2005; PROCEL, 2002), o que enfatiza a importância de estimular uma mudança nas práticas construtivas correntes principalmente nas classes média e alta. Uma vez que, além disso, as práticas das classes de maior poder aquisitivo tendem a ser uma referencial de padrão para as classes mais baixas.

Além redução dos gastos energéticos nas residências, é importante também proporcionar condições para o uso racional da água. Devem-se promover condições sanitárias adequadas favorecendo-se a diminuição do uso dos recursos hídricos. Nesse sentido, o uso de tecnologias economizadoras, o aproveitamento de água pluvial e o reúso da água servida são ações que podem ser empregadas no projeto de edificações para redução do consumo e do desperdício de água.

Com o objetivo de incentivar o desenvolvimento de soluções inovadoras e eficientes na construção civil visando o uso racional da energia elétrica, da água e menor impacto ambiental, a ELETROSUL (Eletrosul Centrais Elétricas S.A.) em parceria com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) desenvolveu o Projeto Casa Eficiente (ELETROSUL, 2005) para demonstração de eficiência energética em habitação unifamiliar, cuja construção contou também com o apoio da Eletrobrás (Centrais Elétricas Brasileiras S. A.).

A Casa será uma vitrine de tecnologia, eficiência energética e conforto ambiental voltada para edificações residenciais. O Projeto Casa Eficiente consiste na concepção de uma residência unifamiliar em Florianópolis, com sistemas e soluções para máxima eficiência energética e conforto térmico integrados ao projeto arquitetônico, onde serão implementadas tecnologias como geração de energia fotovoltaica interligada a rede, estratégias passivas de condicionamento de ar e aquecimento solar de água, além de aproveitamento da água pluvial para uso não potável e tratamento de efluentes.

Serão realizadas atividades de monitoramento termo-energético, cujos dados serão disponibilizados eletronicamente através da visita virtual, dando suporte para atividades de ensino e pesquisa. Será realizado o monitoramento diário das variáveis ambientais internas e externas, do consumo de energia por uso final e fluxos de calor através das vedações. Além disso, todas as soluções e sistemas implementados na Casa Eficiente poderão ser observados através da visitação pública ou virtual (internet) voltada para o público infanto-juvenil, acadêmico e consumidor. Dessa forma, o programa da edificação também abrangeu conceitos de acessibilidade e de fluidez através espaços internos

amplos e diversificados, além do uso de instalações aparentes, diferenciando-o de um programa residencial convencional.

Através da aplicação de conceitos de eficiência energética e de tecnologia de ponta, com alto grau de adequação ambiental, o Projeto Casa Eficiente pretende ser uma referência nacional para a disseminação destes conceitos, não só para a comunidade acadêmica como também para os profissionais que atuam no mercado da construção civil e setor elétrico brasileiro.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar os conceitos de eficiência energética, sustentabilidade e desempenho ambiental envolvidos no desenvolvimento do projeto, bem como as suas aplicações práticas em algumas das etapas construtivas da Casa Eficiente.

3. CONDICIONANTES DE PROJETO

A idéia básica do projeto é a defesa e divulgação dos conceitos de eficiência energética, sustentabilidade e bioclimatologia, incentivando uma mudança nas práticas construtivas correntes entre as classes média e alta através de uma linguagem arquitetônica acessível e agradável. Na distribuição interna e externa da Casa Eficiente foi aplicada uma disposição adaptada ao uso residencial de uma família de quatro pessoas, que inclui sala, cozinha, banheiro, serviço, quarto casal, quarto solteiro, terraços, acessos, rampas e mezanino. Tendo em vista tais pontos, os condicionantes de projeto considerados foram:

- Aproveitamento dos fatores climáticos locais, tais como os ventos predominantes no verão, barreiras para ventos de inverno, orientação e inclinação dos telhados para melhor aproveitamento da radiação solar para geração de energia fotovoltaica e aquecimento de água.
- Emprego de sistemas alternativos de resfriamento, com o uso da ventilação noturna nos quartos por meio de sistema de exaustão. Aquecimento ambiental dos quartos para inverno com uso de radiadores com água quente do sistema de aquecimento solar.
- Prioridade no uso de materiais locais (renováveis ou de menos impacto ambiental). Reaproveitamento do entulho resultante da retirada do piso da antiga construção que existia no local destinado a Casa Eficiente.
- Recuperação da área com projeto paisagístico, privilegiando o uso de espécies nativas da Mata Atlântica e outras espécies. Uso da vegetação para criação de microclima local.
- Uso racional de água. Instalações hidráulicas utilizando peças e linhas econômicas. Coleta e aproveitamento de água pluvial. Reaproveitamento de efluentes tratados por zona de raízes em sistema de aquecimento dos quartos.
- Integração do partido arquitetônico com sistemas complementares, como aquecimento solar e geração fotovoltaica.
- Visitação pública. Adoção de soluções para destacar ou tornar acessível ao visitante a maioria das estratégias, equipamentos e sistemas implantados.
- Acessibilidade a todos os ambientes, facilitando a circulação dos grupos no interior da casa.

4. LOCALIZAÇÃO E PARTIDO ARQUITETÔNICO

A Casa Eficiente está localizada em Florianópolis-SC, no pátio da sede da empresa ELETROSUL (Figura 1 e Figura 2). Esta área apresenta um grande potencial para o aproveitamento da energia solar fotovoltaica e para aplicação da ventilação cruzada, uma vez que não existem grandes obstruções no entorno do terreno (Figura 3).



Figura 1. Ilha de Santa Catarina

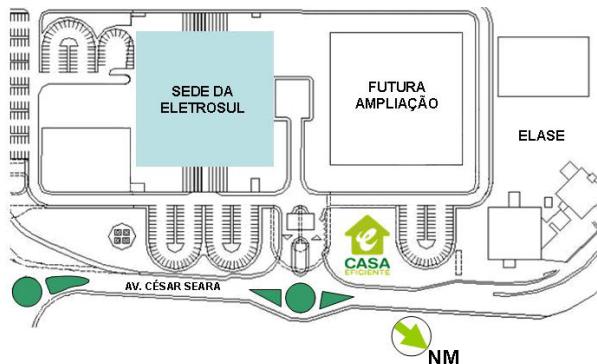


Figura 2. Localização da Casa Eficiente.



Figura 3. Espaço destinado à edificação.

Quanto à distribuição dos ambientes, a área de serviços, caracterizada pela baixa permanência, foi locada a oeste exercendo a função de barreira radiante para os ambientes das áreas íntima e social, além de racionalizar o uso de recursos para instalações hidráulicas. Também optou-se por deslocar os ambientes entre si para favorecer o uso da ventilação cruzada, possibilitando a criação de aberturas em pelo menos duas de suas faces (Figura 4), aproveitando-se os ventos dominantes norte e sul.

A sala foi definida como elemento central de interligação entre os ambientes internos, cuja cobertura é valorizada como elemento de destaque numa composição arquitetônica caracterizada pelo equilíbrio dos volumes. O quarto de solteiro, banheiro, serviço e acesso externo na área sul possuem teto-jardim, possibilitando a criação de espaços de convívio para os visitantes da Casa. Todos os ambientes foram dimensionados visando permitir uma fluidez no acesso dos visitantes da Casa Eficiente.

Boa parte da vegetação anteriormente existente foi aproveitada, introduzindo-se também 27 espécies nativas e totalizando-se um número aproximado de 872 mudas distribuídas em 3000m² de área, para favorecer o sombreamento da edificação e criação de um microclima agradável.

5. RESULTADOS

A seguir serão apresentados os principais aspectos de desempenho ambiental abordados na etapa de projeto da edificação e algumas das suas aplicações práticas durante a construção da Casa Eficiente.

5.1 Caracterização e Análise Bioclimática

Foi realizada uma caracterização e análise bioclimática da cidade de Florianópolis, procurando identificar o comportamento da temperatura, umidade, radiação e ventos e quais as principais estratégias de projeto para controle climático visando conforto. Segundo classificação de Köppen, o clima de Florianópolis pode ser caracterizado como mesotérmico úmido, com chuvas distribuídas durante todo o ano. Na classificação, segundo NIMER (1979), o clima é definido como sendo clima do tipo Tropical Temperado subseqüente, super úmido, apresentando verão quente e inverno ameno, sub-seco. Observando a freqüência mensal de direção dos ventos, identifica-se a direção norte como predominante para todos os meses do ano. É necessário levar em consideração a topografia da ilha, que é abundante em acidentes geográficos, os quais funcionam muitas vezes como corredores de



Figura 4 – Zoneamento dos ambientes e aproveitamento da ventilação natural.

vento, alterando sua direção. A velocidade média anual dos ventos demonstra um comportamento muito variável. Os meses de janeiro, maio e agosto são caracterizados pelas velocidades do ar mais baixas, sendo o mês de maio o de ventos mais fracos. Os ventos no mês de outubro apresentam as velocidades mais elevadas, tanto médias quanto máximas. Destaca-se que os ventos de maiores velocidades do ar (acima de 9,0 m/s) ocorrem na direção sul.

Na Figura 5 é possível observar a distribuição de dados de temperatura e umidade horários, plotados sobre a Carta Bioclimática de Edificações proposta por GIVONI (1992) para regiões de clima úmido. Foram utilizados os dados do Ano Climático de Referência (TRY - Test Reference Year), plotados com o auxílio do programa AnalysisBio (LabEEE, 2003). Destaca-se que as estratégias mais indicadas para Florianópolis são: ventilação natural para condições de desconforto por calor (35,7% do ano) e aquecimento solar passivo e inércia térmica para desconforto por frio (35,4% do ano)

5.2 Materiais utilizados

No processo de projeto foi realizada uma pesquisa sobre materiais de baixo impacto ambiental, de reaproveitamento ou reciclagem para seleção dos componentes do envelope. Buscou-se adotar materiais que permitissem sua aplicação em seu estado natural de cor e características físicas, estabelecendo uma linguagem integrada com a natureza, procurando empregar conceitos da arquitetura orgânica (ALOFSIN, 1994).

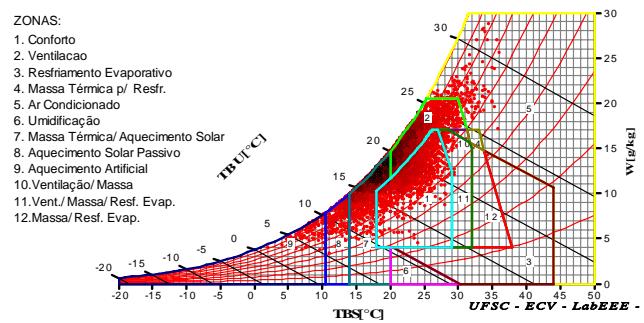


Figura 5. Plotagem das 8760 horas analisadas, para o ano climático TRY de Florianópolis.

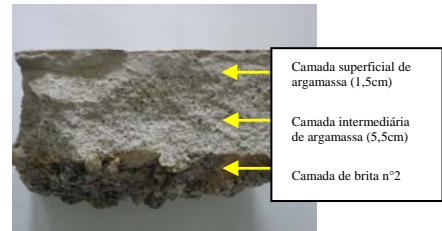


Figura 6. Composição do Resíduo

Optou-se pelo uso de telhas e tijolos maciços cerâmicos aparentes que são abundantes na região, o que incentiva a produção local e diminui gastos energéticos com transporte. Peças de madeira em eucalipto autoclavado de florestas cultivadas na região também foram selecionadas. Além disso, uma parte dos resíduos do contrapiso que existia no local (Figura 6) foi britada e reutilizada como agregado (volume = 3,5m³), para a produção do concreto empregado na construção da rampa de acesso externo da Casa.

5.3 Controle da Insolação, Iluminação Natural e Artificial

Todas as aberturas e proteções solares foram determinadas com o uso de máscaras de sombra, definindo-se os ângulos de sombreamento necessários para os períodos e horários indicados para ganho de radiação solar ou sombreamento. Além disso, com o auxílio do programa ECOTECT foi realizado um estudo de insolação sobre o volume da edificação, permitindo a visualização tridimensional das áreas sombreadas para os períodos de verão e inverno (Figura 7 e Figura 8). O uso de elementos de origem vegetal (estruturas em bambu) nas proteções solares reforça a integração com a natureza. Também as venezianas integradas as esquadrias permitem o controle da passagem da luz natural e do calor devido à radiação solar (Figura 9).

No projeto luminotécnico, foi utilizado o conceito de iluminação de tarefa para racionalizar a utilização da iluminação artificial. Os circuitos para iluminação global dos ambientes também foram projetados com acionamento independente de acordo com a proximidade das lâmpadas em relação às aberturas. Optou-se pelo uso de lâmpadas fluorescentes compactas integradas de 15W e 23W (Figura 10), que apresentam reduzido consumo de energia e elevada vida útil em relação às lâmpadas incandescentes.

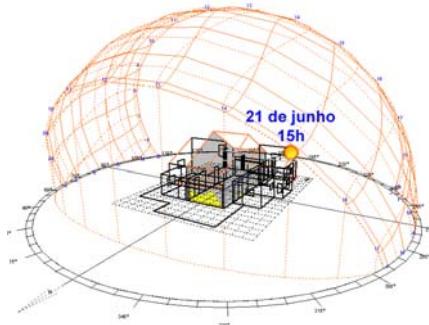


Figura 7. Insolação solstício de inverno- 15:00

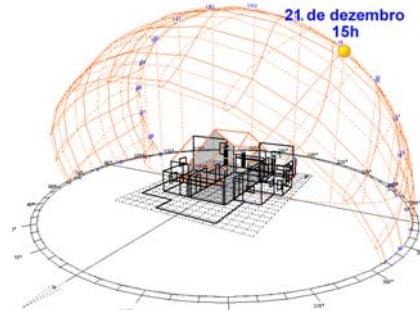


Figura 8. Insolação solstício de verão- 15:00



Figura 9. Protetor solar em bambu sobre a janela (quarto de casal) e venezianas incorporadas às esquadrias.



Figura 10. Aproveitamento da luz natural e luminária pendente com lâmpada fluorescente compacta.

5.4 Inércia e isolamento térmico

Diferentes tipos de coberturas foram empregados na Casa Eficiente visando aproveitar a inércia e o isolamento térmico característicos dos elementos construtivos, em benefício do desempenho ambiental da edificação. A cobertura central é composta por telhas metálicas com pintura branca (maior coeficiente de reflexão) e manta de lã de rocha de 25mm sobre forro de madeira em OSB (Figura 11). Já as coberturas inclinadas laterais são constituídas por telha cerâmica clara com uma camada interna de manta de polietileno aluminizado em ambas as faces fixada sobre o forro, e manta de lã de rocha, conforme indicado na Figura 12. A transmitância total é igual a 0,75 W/m²K e a absorтивidade corresponde a aproximadamente 70%. O uso do teto-jardim em alguns ambientes (Figura 13), por sua vez, possibilitará a avaliação dos reais benefícios da inércia térmica e do resfriamento evaporativo, contribuindo para a divulgação desta estratégia.

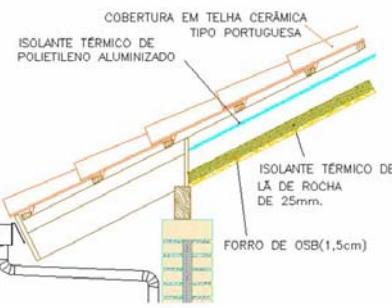


Figura 11. Visor no teto: componentes da cobertura central.

Figura 12. Cobertura lateral e seus constituintes.

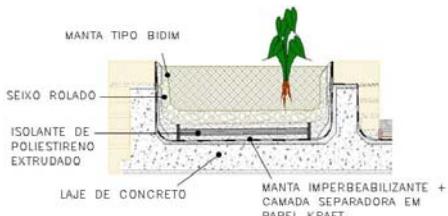


Figura 13. Teto jardim e camadas constituintes.

As paredes são duplas com 25cm de espessura, em tijolo cerâmico maciço com uma camada central de manta de lã de rocha 25mm para isolamento térmico, diminuindo assim as amplitudes térmicas internas. A transmitância total é de 1,24 W/m²K e a absorтивidade de aproximadamente 60%. Nas janelas, esquadrias de PVC com vidro duplo, a transmitância é 2,84 W/m²K e fator solar de 0,75.

5.5 Integração do sistema fotovoltaico e do aquecimento solar de água

O sistema de geração de energia solar fotovoltaica instalado é interligado à rede elétrica e consiste em placas de silício policristalino fixadas sobre a cobertura da sala, dimensionadas para um suprimento de 2,25 kW (Figura 14). A inclinação do telhado corresponde àquela que proporciona um maior aproveitamento anual da radiação, de acordo com a latitude de Florianópolis (27°S). Quanto ao aquecimento de água, serão utilizados dois sistemas independentes que contribuirão para um menor consumo energético. Um dos sistemas aquecerá a água do banheiro e cozinha (água da rede) enquanto o outro é destinado ao sistema de aquecimento dos quartos (água de reúso tratada no tanque de zona de raízes).



Figura 14. Placas fotovoltaicas (cobertura central) e placas de aquecimento (coberturas laterais).

5.6 Uso racional da água

O sistema hidráulico da casa foi desenvolvido com o aproveitamento de água pluvial, reúso dos efluentes após tratamento biológico por zona de raízes, aplicação de dispositivos economizadores nos principais pontos de uso e emprego inovador de instalações aparentes ou de fácil acesso para reduzir os gastos com futuras reformas e uso didático. As águas pluviais coletadas e os efluentes tratados serão um suprimento complementar de água apenas para fins não potáveis, com sistema independente destinado a diferentes pontos de utilização. Dessa forma, o sistema hidráulico da casa apresenta um reservatório para armazenamento das águas pluviais, outro para efluentes tratados e ainda um terceiro para água potável da rede de abastecimento, localizadas sob as coberturas laterais da edificação.

5.6.1 Coleta e aproveitamento de água pluvial

O sistema de coleta e aproveitamento de água pluvial desenvolvido para a Casa Eficiente consiste basicamente na coleta das águas pluviais das superfícies de cobertura por meio de calhas integradas ao projeto, filtragem, descarte e armazenamento (cisterna). Os primeiros milímetros de chuva serão descartados devido à concentração de poluentes tóxicos na atmosfera de áreas urbanas, além da poeira e fuligem acumulada nas superfícies coletoras. Não existem levantamentos suficientes capazes de determinar com exatidão o tempo mínimo necessário para o descarte da água. A maioria dos sistemas desenvolvidos até o momento estima um período entre cinco e dez minutos (FENDRICH, 2002). Para efeito de cálculo, adota-se que as perdas de água da chuva a serem consideradas variam entre 10% e 1/3 do volume precipitado, devido à lavagem do telhado para remoção de impurezas, além das perdas por evaporação (TOMAZ, 1998).

O sistema de descarte foi dimensionado para que o volume precipitado em 2/3 do total de dias chuvosos seja armazenado, com base nos dados de precipitação diária fornecidos pela EPAGRI (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.) para o período entre 2001-2003. Considerando-se a área de telhado (superfície de coleta) de 120m^2 e uma precipitação de até 2 mm nos primeiros 10 minutos de chuva, obteve-se um volume de descarte correspondente a 243 litros. O volume precipitado no restante do período, correspondente a 1/3 do total de dias chuvosos, não é aproveitado por ser inferior a 2 mm/dia. No momento em que o reservatório destinado ao descarte atingir seu limite (243 litros), um sistema de bóias interrompe o fluxo da água pluvial e esta segue para entrada na cisterna. A água de descarte é infiltrada no solo, através do fundo e paredes permeáveis deste reservatório (Figura 15). Estimou-se um consumo diário de água para fins não potáveis de 201 litros/dia, para uma ocupação de 4 pessoas, estimado com base em valores percentuais do consumo de água dos pontos de utilização obtidos em trabalho realizado pela USP em parceria com a SABESP (DECA, 2003). A capacidade da cisterna, 5000 litros, é 25 vezes superior ao volume estimado de consumo, garantindo-se o suprimento em períodos de estiagem ou picos de consumo (FENDRICH, 2002). A água armazenada é bombeada para um reservatório superior com capacidade igual a 1000 litros, para uso exclusivo na descarga sanitária, tanque, máquina de lavar roupa e rega de

jardim, bem como suprimento alternativo para a caixa d'água de efluentes tratados, destinada ao sistema de aquecimento dos quartos.

5.6.2 Reúso da água

No projeto de instalações da Casa Eficiente foi desenvolvido um sistema para reaproveitamento dos efluentes domésticos em atividades não potáveis, após tratamento biológico por zona de raízes, sem o uso de energia, agentes químicos ou equipamentos mecânicos. Esta tecnologia foi originalmente desenvolvida na Alemanha, sendo posteriormente aplicada por diversos países como os Estados Unidos e Austrália (Universidade Livre do Meio Ambiente, 2000). Através de um leito filtrante, os efluentes entram em contato com as raízes de uma espécie vegetal, responsável por liberar oxigênio e possibilitar o desenvolvimento de bactérias hospedeiras, reduzindo a carga orgânica do efluente. Como não é produzido metano, característico de processos anaeróbios, evita-se o mau odor.

O projeto e implementação dos tanques de Zona de Raízes baseou-se na tecnologia empregada em sistemas desenvolvidos pela Secretaria Municipal do Meio Ambiente de Niterói (BARBOSA et al, 1996) e da Fundação Municipal 25 de Julho, da cidade de Joinville (VICZNEVSKI; SILVA, 2003). Foram construídos dois tanques: o menor destinado exclusivamente aos efluentes do vaso sanitário (dimensões: 2,00 x 3,20 x 0,60m) e o maior destinado aos demais efluentes (dimensões 2,00 x 4,20 x 0,60m), executados em concreto impermeabilizado para impedir vazamentos e contaminação do solo. A espécie vegetal adotada foi o juncos *Zizanopsis bonariensis brás.*, caracterizada pela alta capacidade de absorção dos nutrientes e adaptação a lugares úmidos com carga orgânica elevada. A Figura 16 apresenta um corte de trecho do tanque onde é possível observar a constituição das camadas do leito filtrante.



Figura 15. Sistema de descarte de água pluvial. (vista do reservatório).

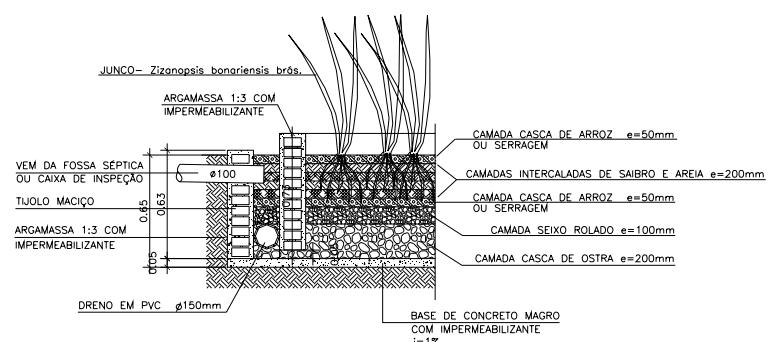


Figura 16. Trecho em corte do Tanque de Zona de Raízes

Os efluentes do vaso sanitário passam primeiro por fossa séptica e depois pelo leito filtrante do tanque, delimitado por camadas de casca de ostra, resíduo comum na região, rico em carbonato de cálcio e que apresenta alto poder de absorção de fósforo, componente abundante no esgoto doméstico (SOUZA, 2003). Em seguida, os efluentes são despejados na rede de coleta de esgotos, pois seu aproveitamento é considerado impróprio para consumo mesmo após o tratamento. Os efluentes da pia da cozinha (após passarem por uma caixa de gordura), lavatório, chuveiro, tanque e máquina de lavar roupas, são encaminhados para a Zona de Raízes. Após passarem pela Zona de Raízes, estes são filtrados para eliminação dos possíveis resíduos ainda existentes. Em seguida, são armazenados em um reservatório com capacidade para 1700 litros. Este volume foi definido com base nos usos finais dos pontos de utilização acima citados, levando-se em conta um percentual de 15% de perdas com os processos de lavagem do tanque e absorção das raízes.

O volume da água de reúso armazenado é posteriormente bombeado para uma caixa d'água de 500 litros, para a utilização no sistema de aquecimento ambiental dos quartos. O sistema de aquecimento dos quartos consiste na circulação forçada de água em uma tubulação de cobre presa ao rodapé formando um canal radiador. A bomba de circulação será acionada quando a temperatura do ar interno estiver abaixo de 18°C, para manutenção das condições de conforto interno. A água é aquecida pela passagem em um sistema de coletores solares localizados sobre a cobertura do quarto de casal. Caso o volume da água de reúso não seja suficiente para abastecer o reservatório superior, existe uma ligação

entre os reservatórios de reúso e de água pluvial, fornecendo o suprimento adicional necessário. No entanto, é importante destacar que a ligação entre estes reservatórios é controlada por uma válvula solenóide, impedindo o retorno da água de reúso para o reservatório da água pluvial.

5.6.3 Dispositivos economizadores de água e instalações acessíveis

Procurou-se adotar as principais tecnologias economizadoras disponíveis no mercado (AU, 2002), que mais se adequassem ao padrão de uso residencial, tais como arejadores de vazão constante, torneiras de acionamento hidromecânico e a descarga econômica de ciclo fixo com vazão de 6 litros.

Para a edificação foram adotadas instalações aparentes ou de fácil acesso através de armários falsos ou móveis da cozinha, reduzindo-se o desperdício de material durante o processo de execução devido aos cortes na alvenaria. Além disso, a existência de tubulações acessíveis ao usuário enfatiza um importante conceito do projeto, a visitação, funcionando como instrumento educativo. Neste sentido, a rampa lateral existente na área externa da edificação, dá acesso aos terraços superiores, onde aberturas na fachada permitem que o usuário observe as instalações hidráulicas empregadas.

6. CONCLUSÕES E DISCUSSÃO

Este trabalho apresentou os principais conceitos de desempenho ambiental aplicados ao Projeto Casa Eficiente, que está sendo desenvolvido em parceria entre a UFSC/LabEEE e a ELETROSUL, com o apoio da ELETROBRÁS/Procel. Foram abordados aspectos associados à bioclimatologia, reúso de materiais, insolação, iluminação, isolamento térmico, energia renovável e uso racional de água.

A caracterização e análise bioclimática permitiram a aplicação de estratégias passivas (ventilação natural, inércia térmica e aquecimento solar) para melhorar o conforto ambiental na edificação.

A Casa terá um suprimento de energia solar fotovoltaica, gerada a partir de placas fixadas sobre a cobertura da sala, com capacidade instalada de 2,25 kW. Além disso, com o uso de sistemas independentes de aquecimento solar de água, eletrodomésticos e lâmpadas eficientes, estima-se uma redução no consumo de energia elétrica de até 50% em relação a uma residência convencional. Com o uso de dispositivos economizadores nos pontos de utilização de água potável e implantação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de efluentes tratados apenas para fins não potáveis, estima-se uma redução de até 46 % no consumo de água potável da rede, além de uma melhoria da qualidade dos efluentes lançados à rede coletora de esgotos e redução do volume de água lançado na rede coletora de águas pluviais. Convém salientar que ainda não foram obtidos resultados quantitativos reais dos sistemas acima citados. Futuros estudos serão desenvolvidos na Casa para avaliar o desempenho e o funcionamento dos mesmos.

Os sistemas construtivos, com a instalação de forma aparente, proporcionam uma racionalização quanto a futuras reformas, além de auxiliar no aspecto educativo, facilitando a visualização e a demonstração do funcionamento. Além disso, o uso de materiais de baixo impacto ambiental e o reaproveitamento de resíduos como componentes do envelope tem contribuição direta para a sustentabilidade. Deste modo, ressalta-se a relevância do projeto, através da criação de um ambiente para a demonstração e desenvolvimento de atividades de ensino e pesquisa, onde as soluções e sistemas implementados poderão ser observados através da visitação pública ou virtual, incluindo dados de monitoramento ambiental e de consumo.



Figura 17. Vista da fachada sul.



Figura 18. Vista da fachada norte.

A área total construída da Casa foi de 206 m². A construção foi realizada entre os meses de janeiro de 2005 e março de 2006 (Figura 17 e Figura 18). No final deste período o sistema de monitoramento ainda estava em fase de implantação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALOFSIN, A. **Frank Lloyd Wright: the Lost Years, 1910-1922**. In: "Frank Lloyd Wright, Architect". New York, Museum of Modern Art, 1994.
- AU. Vazão Econômica. **Arquitetura e Urbanismo**. n. 105, 2002.
- BARBOSA, A. L. ; AZEVEDO, F. V. de ; FERREIRA, L. S. ; MENDES, L. G. **Tratamento alternativo de esgoto sanitário por zona de raízes, em pequena comunidade rural**. Niterói: Secretaria Municipal do Meio Ambiente da Prefeitura de Niteroi, 1996. Disponível em: <http://www.idrc.ca/uploads/users/11380404591cuenca_br-niteroi.pdf> Acesso em: junho de 2006.
- DECA. **Uso racional da água**. 2003. Disponível em <<http://www.deca.com.br>>. Acesso em: agosto de 2003.
- ELETROSUL, 2005. **Projeto Casa Eficiente**. <http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/>
- FENDRICH, R. **Manual de Utilização de Águas Pluviais - 100 maneiras práticas**. Curitiba, Livraria do Chain, 2002.
- GIVONI, B. **Comfort, climate analysis and building design guidelines**. Energy and Building 18, 1992.
- GIVONI, B. **Passive and low energy cooling of buildings**. Van Nostrand Reinhold publishing company, 1994.
- LabEEE. **Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Programa AnalysisBio**, 2003. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/software/analysisBIO.html>
- UNIVERSIDADE LIVRE DO MEIO AMBIENTE. **Experiências**, 2000. Disponível em: <http://www.unilivre.org.br/centro/experiencias/experiencias/382.html>. Acesso em: dezembro de 2003.
- MACIEL, A. A. **Projeto bioclimático em Brasília: Estudo de caso em edifício de escritórios**. Florianópolis, 2002. 138f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Curso de Pós- Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.
- MME. **Balanço Energético Nacional**. Brasília, MME- Ministério das Minas e Energia, 2005.
- NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro, IBGE, 1979.
- PROCEL. **Sistema de Informações de Posses de Eletrodomésticos e Hábitos de Consumo** -Sinpha,. Rio de Janeiro, Eletrobrás, 2002.
- ROMÉRO, M. **O peso das decisões arquitetônicas no consumo de energia elétrica em edifícios de escritório**. In: Nutau- 98. Anais. p. 1-9, 1998.
- SOUZA, W. **Tratamento de esfluente de maricultura por dois wetlands artificiais pilotos, com e sem Spartina alterniflora- perspectivas de aplicação**. Aquicultura. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- VICZNEVSKI, I. S.; GARCIA DA SILVA, C. Tratamento biológico de esgoto com zona de raízes : experiência da prefeitura de Joinville. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22; 2003, Joinville (Anais...). Joinville: ABES, set. 2003. p.1-10.
- WCED. **"Our common future: the Brundtland report"**. New York, Oxford University Press - World Commission on Environment and Development, 1987.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer aos órgãos nacionais de fomento a pesquisa: CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico). A ELETROSUL e a ELETROBRÁS/PROCEL pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto. A colaboração do Departamento de Planejamento, Pesquisa e Desenvolvimento (DPD) e do Departamento de Engenharia de Sistema (DES) da ELETROSUL, através das seguintes pessoas: Henrique Brognoli Martins, Ruy de Castro Sobrosa Neto, Walter Sieber Filho, Reisa Saraiva da Silva, Joatan Izolan da Rosa, Mauro Cesar Lisboa e Arnaldo Neto de Oliveira Martins.