

AUTONOMIA ENERGÉTICA EM RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES A EXPERIÊNCIA DO PROJETO CASA AUTÔNOMA

Mário Hermes S. Viggiano
Arquiteto e Urbanista – Projeto Casa Autônoma
viggiano@casaautonoma.com.br

RESUMO

As questões relativas à geração alternativa de energia tem sido abordadas diferentemente por estratégias governamentais em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento. O Brasil, que optou pela matriz energética de grandes hidroelétricas, carece de uma política eficiente que englobe as energias renováveis e não poluentes (solar, eólica e biomassa), apresentando-as como uma opção viável a médio e longo prazo para a redução da demanda de pico. A participação estatal é fundamental para a concretização de um modelo sustentável de utilização de energia alternativas mas não é o único fator determinante deste possível modelo. As evoluções tecnológicas dos equipamentos, a formação de mão-de-obra especializada e principalmente a pesquisa das interfaces técnicas a nível de projeto, são outros fatores que determinariam uma possível viabilidade para este sistema.

Neste trabalho, pretendemos analisar estas variantes, a luz do contexto brasileiro no que se refere às questões de geração e conservação de energia. Como base de pesquisa, utilizaremos a modelagem do sistema autônomo de geração elétrica *do Projeto Casa Autônoma* que é um modelo de habitação auto-sustentável que segue os princípios da arquitetura ecológica e que reúne soluções sistêmicas para questões relativas ao gerenciamento sustentável de edificações. Para a análise da autonomia energética são avaliados os itens de desempenho a partir da energia total requerida, eficiência e capacidade produtiva, controle e monitoramento e projeto elétrico.

1. INTRODUÇÃO

As questões relativas à geração alternativa de energia tem sido abordadas diferentemente por estratégias governamentais em diversos países desenvolvidos e em desenvolvimento. No Brasil, a política governamental historicamente voltada para a geração através de grandes Usinas Hidrelétricas começa a mudar de enfoque a partir da privatização gradativa das estatais de energia e das recentes crises do setor energético.

Com a recente crise energética em que o sistema elétrico beirou o colapso, colocando em risco o fornecimento de energia para a população, foram questionadas as reais causas deste enorme problema. Como causas, foram apontadas as quantidades insuficientes de chuvas necessárias a estabilização dos níveis dos reservatórios, o aumento da demanda, a defasagem estrutural das linhas de transmissão e a inépcia do governo em gerenciar todas estas dificuldades. Com a crise, já se cogitam a construção de termo-elétricas movidas a gás e PCHs (pequenas centrais hidroelétricas) como alternativa para o modelo geral.

Em vista disto, é de se estranhar a ausência de uma política eficiente no Brasil que abrace as energias renováveis não poluentes (solar, eólica e biomassa) e apresente-as como uma opção viável a médio e longo prazo para a redução da demanda de pico. “Tais políticas incluem a aceleração do desenvolvimento e demonstração tecnológica, a transformação do mercado de produtos que consomem energia através de políticas de compra, a aplicação de padrões de eficiência para setores carentes em informação, o estímulo a programas de gestão da demanda de energia (DSM) nas

companhias elétricas e, de maneira geral, encontrar caminhos para criar mercados para novas economias de energia, estimulando cada vez mais as inovações e criatividade.” (Jannuzzi, 1997).

O mito difundido de que as energias alternativas são muito caras e não apresentam viabilidade, decorre exatamente da ausência de uma infra-estrutura participativa do governo que possibilite a evolução do sistema. Há um consenso entre estudiosos e especialistas que as gerações solares e eólicas não se prestam a suprir grandes demandas. Isto se dá devido à inconstância de ambas as formas de geração. A eólica, depende da boa frequência dos ventos e a solar da boa incidência do sol.

No entanto, no Brasil pouco se fala sobre a geração descentralizada de energia, que consiste da pequena geração localizada em residências, comércios e indústrias como opção ao fornecimento da rede local, seja ela autônoma ou interligada à rede: “dado que o potencial natural de recursos não existe concentradamente, o seu emprego (das energias renováveis) é feito através de pequenas instalações abandonando assim o sistema de poucos grandes investimentos entrando no sistema de muitos pequenos investimentos e saindo do abastecimento de energia internacional e indo para o auto abastecimento regional e individual” (Scheer, 2000).

A experiência Alemã prova que a participação estatal é fundamental na concretização de um modelo viável de geração descentralizada. Neste modelo entram diversos incentivos como os financiamentos para a instalação de centrais domésticas de geração, a compra pela concessionária da energia excedente produzida na edificação, eliminando assim a necessidade de armazenamento e a acessoria técnica sempre disponível para suprir as dificuldades de instalações complexas.

A participação estatal é fundamental para a concretização de um modelo sustentável de utilização de energias renováveis mas não é o único fator determinante deste possível modelo. As evolução tecnológica dos equipamentos, a formação de mão-de-obra especializada e principalmente a pesquisa das interfaces técnicas a nível de projeto, são outros fatores que determinariam uma possível viabilidade do sistema.

No Brasil, ainda não se podem instalar sistemas interligados, dado a inexistência de infra-estrutura das concessionárias de energia (uma ligação pioneira encontra-se em testes em Florianópolis, Santa Catarina, ligando o LABSOLAR à rede pública) (Rüther, 2000). Por outro lado, os sistemas autônomos se apresentam como opção para a abertura de pesquisas que almejem uma maior participação das energias renováveis no escopo das opções disponíveis para consumo da população.

O presente trabalho pretende, na medida que apresenta um pioneiro projeto de Casa Autônoma em implantação na capital do País, contribuir para o acervo técnico e prático referente a instalações desta natureza. A viabilidade prática de um modelo que pretenda alcançar alguma autonomia de energia baseada em geração alternativa, necessita de uma abordagem sistêmica que se inicia com o próprio projeto de arquitetura. Esta abordagem sistêmica requer uma metodologia cíclica de projeção que é a base do que podemos chamar de “arquitetura ecológica”, bem conceituada pelo arquiteto Ken Yeang em seu livro *Proyectar com la naturaleza* (1999).

A primeira parte deste trabalho, avalia esta metodologia. Os conceitos de sistema são então transpostos para a casa e estabelecidos os parâmetros que permitem definir as relações da casa com o meio ambiente através de seus vínculos. Na seqüência, são analisados e classificados os insumos de energia e a forma pelo qual estes insumos são aproveitados. Por fim, é feita uma análise de um modelo energético para a Casa Autônoma e da forma com que os insumos estudados se enquadram neste modelo.

2. A RESIDÊNCIA COMO UM SISTEMA

A análise da questão de autonomia energética de uma edificação não pode se ater exclusivamente a um cálculo de viabilidade econômica. Deve sim, adotar como uma premissa básica, a relação que a edificação mantém com o entorno imediato, com a cidade e com as fontes de insumos.

Uma análise com tal profundidade prescinde de uma abordagem holística sobre o objeto (edificação) o meio (cidade) e a relação (interdependência). Um *sistema*, por definição é um “conjunto estruturado de objetos e/ou atributos. Esses objetos e atributos consistem de componentes ou variáveis (isto é, fenômenos que são passíveis de assumir magnitude variáveis) que exibem relações discerníveis um com os outros e operam conjuntamente como um todo complexo, de acordo com determinado padrão” (Christofolletti, 1999). Um *modelo de sistema* é uma representação simplificada que inclui elementos

importantes e exclui elementos pouco significativos e que procura, ao invés de imitar a realidade, representar de maneira esquemática ou simbólica as interações entre os elementos. A *matriz sistêmica* é a estrutura de um modelo de sistema. O esquema da figura 1 representa um exemplo de uma modelagem sistêmica para a Casa Autônoma baseado nos conceitos da Arquitetura Ecológica. (Yeang, 1999).

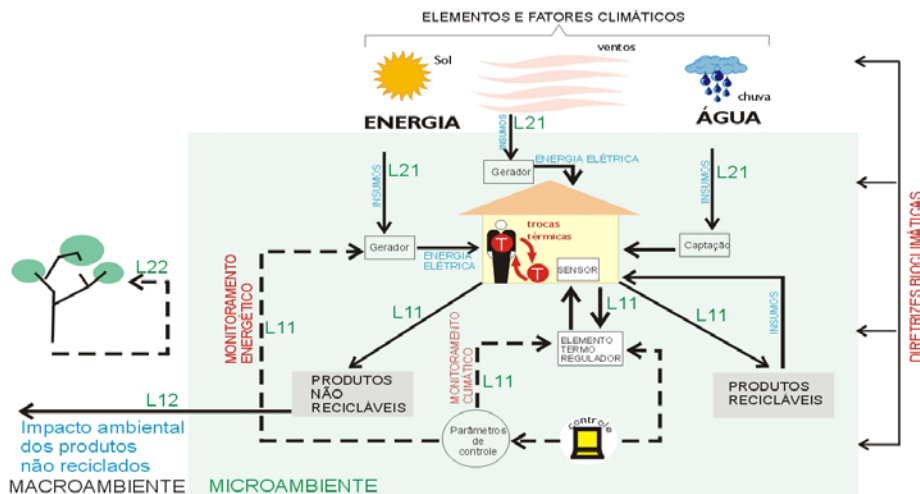


Figura 1 – Modelagem sistêmica da Casa Autônoma

Muitos dos problemas urbanos atuais poderiam ser resolvidos com soluções sistêmicas. Por exemplo as inundações nas grandes cidades como São Paulo, decorrentes da deficiência de infra-estrutura de escoamento das águas da chuva, poderiam ser minimizadas a partir de sistemas de coleta e armazenagem da água da chuva nos próprios prédios residenciais e comerciais. Paralela a esta ação, a rede de abastecimento de água potável também se beneficiaria pois os prédios e residências poderiam reutilizar esta água em algumas funções do cotidiano como os vasos sanitários e nas máquinas de lavar roupas. Tudo isto acarretaria ainda uma economia substancial nos investimentos públicos de tratamento de água e na economia doméstica e empresarial com a redução do montante pago por esta água.

Devemos ressaltar duas características importantes dos sistemas. Primeiro, a propriedade de *transação* que é a atividade entre eles. A transação é realizada a partir de elos a que chamamos de *vínculos de interdependência*. A segunda importante característica é a *indissociação* pela qual as “propriedades sistêmicas são destituídas quando um sistema é dissecado física ou teoricamente, em elementos isolados. Embora possamos discernir partes individuais em qualquer sistema, a natureza do todo é sempre diferente da mera soma de suas partes” (Capra, 1982).

A concepção sistêmica é no fundo um pensamento ecológico sobre todas as coisas de nosso mundo: “a percepção ecológica profunda reconhece a interdependência fundamental de todos os fenômenos e o fato de que, enquanto indivíduos e sociedades, estamos todos encaixados nos processos cíclicos da natureza (e, em última análise, somos dependentes destes processos) (Capra, 1996).

3. INSUMOS E SISTEMAS AUTÔNOMOS

A energia divide com a água a primazia na escala de importância dos insumos requeridos de um sistema residencial e é um insumo que é aproveitado na íntegra e que não gera produtos ou resíduos.

A maior parte dos subsistemas residenciais requer energia para o seu funcionamento. A energia total requerida se apresenta sob duas formas básicas, a energia térmica e a energia elétrica. Uma mesma necessidade básica da residência como por exemplo o aquecimento do ambiente interno, pode ser suprida tanto pela energia térmica, advinda de recursos da arquitetura como as *Trombe Wall* que é um exemplo de insumo interno, quanto com equipamentos como os aquecedores elétricos que são exemplos de insumos externos.

O conceito básico da eficiência energética é a obtenção de um benefício máximo como o dispêndio do mínimo de energia. De acordo com esta diretriz, um sistema autônomo de energia deve necessariamente ser extremamente eficiente energeticamente.

O impacto e a dependência de uma residência em relação ao meio ambiente pode ser avaliado a partir da relação entre os insumos, produtos e resíduos.

Insumos (água, energia, gases, materiais combustíveis, luz) são os elementos necessários à alimentação dos sistemas e os *produtos* (águas servidas, lixo, gases) são os elementos que sobram dos processos e necessitam ser tratados para retornarem ao sistema ou eliminados de alguma maneira na forma de *resíduos*. O grau de autonomia de um sistema é determinado pelos insumos e pelos vínculos de interdependência de modo que:

$$IT = I_{ex} + I_{in} + I_{re} \quad [eq 1]$$

Onde:

IT = Quantidade total de insumos

I_{ex} = insumos externos

I_{in} = Insumos internos

I_{re} = Insumos reciclados

Insumos externos são insumos gerados ou coletados externamente ao sistema e são transportados e introduzidos no sistema através dos vínculos. Exemplo: energia elétrica e água fornecidas pelas concessionárias.

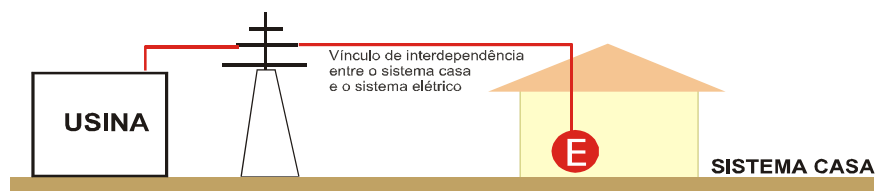


Figura 2 – Exemplo de insumo externo

Insumos internos são insumos gerados ou coletados no ambiente interno ou externo do sistema mas que não carecem de longos transportes e não possuem vínculo. Exemplo: geração solar fotovoltaica domiciliar, aquecimento solar da água, aquecimento interno por *trombe wall*.

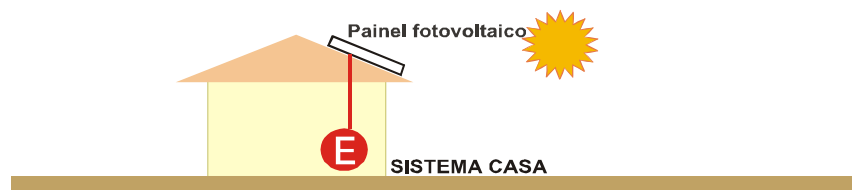


Figura 3 – Exemplo de insumo interno

Insumos reciclados são os insumos provenientes dos produtos e que sofreram tratamento para poderem ser reutilizados no próprio sistema. Exemplo: água proveniente do tratamento do esgoto domiciliar, gás natural do biodigestor.

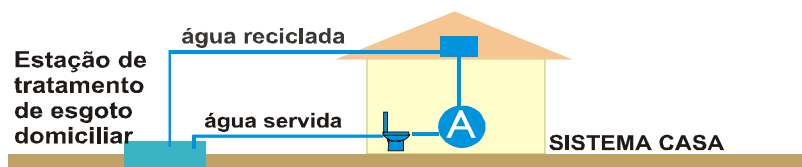


Figura 4 – exemplo de insumo reciclado

Um sistema autônomo pode ser definido como sendo um sistema em que não atuam insumos externos:

$$I = I_{ex} + I_{in} + I_{re} \quad I_{ex}=0 \quad [\text{eq } 1]$$

$$I = I_{in} + I_{re}$$

Sistemas autônomos de energia tem se mostrado eficientes a nível rural, onde o investimento necessário à ampliação das redes de distribuição para poucos usuários é extremamente alto. “verifica-se que o custo da eletrificação rural residencial comercial cresce em função da distância da rede elétrica existente. Por outro lado, quanto maior o número de residências a serem eletrificadas menor será o custo por residência ao estender a rede comercial (...) é mais barato eletrificar 15 residências a 2 km da rede, através da eletricidade solar, do que estender a rede de distribuição até estas residências (Costa, 1999).

A nível urbano, sistemas inteiramente autônomos devem ser estudados com cautela pois podem vir a ser anti-econômicos. Nestes casos, os sistemas interligados tem demonstrado uma grande eficiência como prova a experiência alemã.



Figura 5 – Exemplo de sistema interligado

É interessante analisar as transações em sistemas interligados. Nestes casos em que o excedente de geração domiciliar ao invés de ser armazenado é exportado para a rede pública, a relação de insumos externos deve levar em conta esta compensação exportada.

4. SISTEMA AUTÔNOMO DE ENERGIA ELÉTRICA

É possível, com os recursos tecnológicos dos quais dispomos hoje, dotar uma residência de autonomia de energia elétrica. A energia elétrica pode ser gerada a nível domiciliar de duas formas: a eólica e a fotovoltaica.

A energia eólica é a energia gerada pelas turbinas ou aerogeradores que podem ser de eixo horizontal ou vertical. As turbinas mais utilizadas comercialmente são as de eixo horizontal que possuem rotores que “variam em tamanho de 1 metro de diâmetro (com potência nominal de 50W) a 66 metros de diâmetro (potência nominal de 1,5 MW)” (Montenegro, 2000)

A energia fotovoltaica é a energia produzida por “células solares que são dispositivos que transformam diretamente a luz em eletricidade utilizando o efeito fotoelétrico. Os mais eficientes são feitos dos chamados semicondutores que são substâncias isolantes a temperaturas muito baixas mas condutores elétricos a temperatura ambiente” (Acioly, 1993)

4.1 Desempenho

O dimensionamento de sistemas autônomos está ligado diretamente ao desempenho do sistema como um todo. O desempenho relaciona três variantes principais: a energia requerida, a eficiência e a capacidade produtiva.

A *energia requerida* é definida pelos elementos de utilização do sistema e pelas exigências específicas de conforto requeridas pelo clima. É calculada em função da potência, do consumo dos elementos e do tempo de utilização. A tabela 1 apresenta um exemplo de uma planilha que analisa esta variante.

Tabela 1 – Consumo diário de alguns eletrodomésticos

Aparelho	Quantidade	Potência W	Tempo consumo h	Consumo Wh	F.U.	Total Wh
Aparelhos de uso cotidiano						
Freezer vertical	1	300	4	1200	1	1200
Geladeira CRD 34	1	300	4	1200	1	1200
TV cores	1	200	2	400	1	400
Total				2800		2800

A *eficiência* consiste da capacidade de obtenção do insumo com o mínimo de perda. As perdas são as parcelas de energia elétrica que são dissipadas em outras formas de energia e que não chegam ao destino final ou elemento de utilização.

A eficiência de um gerador é definida principalmente pelas limitações técnicas do equipamento. A lei de Betz estabelece que “só se pode converter 16/27 (59%) da energia cinética em energia mecânica usando um aerogerador” (Windpower, 2001). Para a energia solar o máximo rendimento teórico de uma célula de silício é de 45-50% (Palz, 1978), estando a eficiência máxima alcançada pela indústria comercialmente entre 10 e 15%. A eficiência é uma variante que influi em todo o sistema. Assim, não é bastante se ter um gerador eficiente se os equipamentos que se utilizam da energia gerada não o são.

A *capacidade produtiva* é definida pela quantidade nominal de energia possível de ser gerada ou captada. A tabela 2 apresenta a capacidade produtiva de diversos modelos de painéis solares.

Tabela 2 – Capacidade produtiva de painéis fotovoltaicos

PAINEL FOTOVOLTAICO	WATTS	VOLTS	AMPERES
SR100 - SIEMENS	100	17.7	5.6
SP75 - SIEMENS	75	17.0	4.4
SP18 - SIEMENS	18	17.0	1.05

A relação do desempenho do sistema é assim a relação entre estas três variantes. Um sistema autônomo com alto desempenho deve possuir alta eficiência com boa capacidade produtiva atendendo ao mínimo de energia requerida.

4.2 Dimensionamento

O dimensionamento é a aplicação prática do estudo do desempenho e de suas variantes.

No dimensionamento de um sistema autônomo de energia são analisados os *geradores* que são os fornecedores do insumo energético, os *condutores* que transmitem a energia (fios e cabos), os *controladores de carga* que regulam a voltagem do gerador e o estado de carga das baterias, os *acumuladores* (baterias) que armazenam a energia gerada para o aproveitamento futuro e os *inversores* transformam a corrente contínua gerada em corrente alternada própria a utilização na maioria dos equipamentos eletrodomésticos. A figura 6 representa um esquema típico de uma instalação autônoma

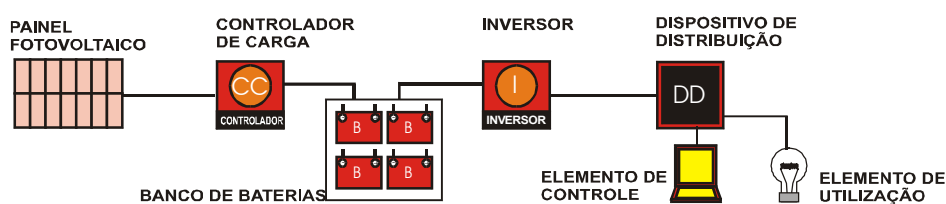


Figura 6 – Esquema de uma instalação autônoma

A precisão do dimensionamento de um sistema de geração eólica está diretamente relacionada com a qualidade dos dados da incidência de ventos do local a ser implantado o sistema. A coleta precisa dos dados de incidência dos ventos requer aparelhos sofisticados de medição de velocidade e direção, além do armazenamento e processamento destes dados. Um método mais simples de avaliação considera a frequência relativa das velocidades que é a variação percentual de tempo em que determinada velocidade ocorreu. Este levantamento pode ser efetuado com um anemômetro simples e a precisão dos dados é dada na razão direta da quantidade de medições conseguida. O gráfico 1 apresenta um exemplo de levantamento da frequência relativa durante um dia de medições. O gráfico 2 apresenta a performance produtiva do aerogerador fornecida pelo fabricante. A confrontação dos dois gráficos fornece a quantidade de energia produzida na unidade de tempo pesquisada.

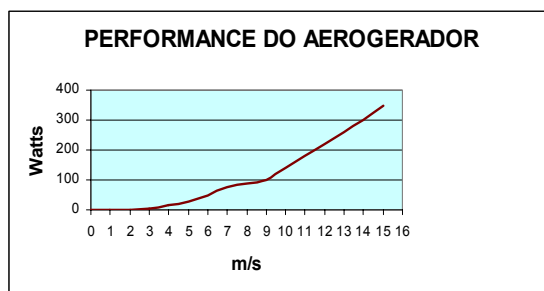
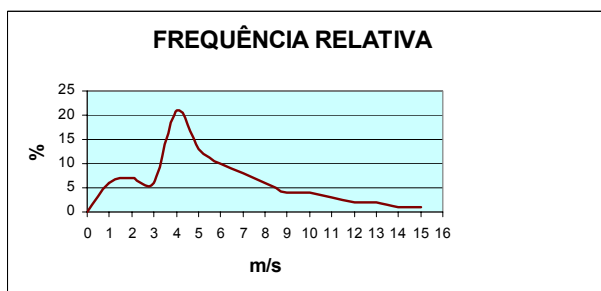


Gráfico 1 – Freqüência relativa de incidência dos ventos

Gráfico 2 – Performance do aerogerador

O dimensionamento da geração fotovoltaica tende a ser mais preciso do que a eólica devido principalmente a uma maior previsibilidade do elemento climático avaliado.

O método da avaliação horária é o processo simplificado que avalia o potencial de geração a partir de uma média de quantidade de horas em que o gerador produz efetivamente. A tabela a seguir registra as quantidades de horas de insolação nos últimos anos, para o projeto da Casa Autônoma em Brasília, e a média que será adotada nos cálculos de dimensionamento.

Tabela 3- Média de horas de insolação

ano	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	média
1996	195	190	165	-	230	275	290	250	200	160	125	135	201,36
1997	-	-	105	135	235	230	275	300	190	205	175	150	200,00
1998	155	180	200	245	225	270	285	270	250	160	125	160	210,42
1999	190	100	195	240	260	245	285	285	200	175	150	145	205,83
2000	155	150	165	235	280	280	275	260	205	225	110	145	207,08
média	174	155	166	214	246	260	282	273	209	185	137	147	203,96
diária	5,79	5,17	5,53	7,13	8,20	8,67	9,40	9,10	6,97	6,17	4,57	4,90	6,80

O método proposto pelo *National Resources of Canada* denominado *Retscreen Photovoltaic Model*, fornecido em software (RETSCREEN, 2001), analisa variantes como a quantidade de insolação anual no plano horizontal, no plano dos painéis fotovoltaicos e a temperatura ambiente. O programa *Retscreen* analisa ainda a possibilidade de interligação com a rede elétrica da concessionária e os custos do projeto.

Estes dois métodos citados avaliam o desempenho dos painéis solares em relação a sua produção nominal, o desempenho dos inversores e o desempenho das baterias.

5. A CASA AUTÔNOMA

Em linhas gerais, uma casa autônoma é uma unidade residencial capaz de gerar ou coletar do micro-ambiente seus insumos, reciclar seus produtos e gerenciar de maneira eficiente suas funções cotidianas e o impacto diário no macro-ambiente. A figura a seguir explicita a relação dos insumos, produtos e resíduos dos mecanismos de transação da Casa Autônoma.

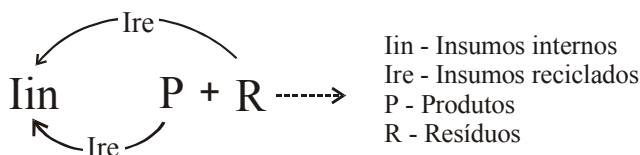


Figura7 – Relação de insumos, produtos e resíduos

Interessante ressaltar que na condição extrema de autonomia até os resíduos finais podem ser revertidos como insumos. Como exemplo citamos a estação de tratamento de esgoto domiciliar utilizada na Casa Autônoma que tem a capacidade de gerar 150 litros/ano/pessoa de resíduos sólidos minerais, que podem ser revertidos como fertilizantes para o jardim residencial.

O projeto piloto da Casa Autônoma se propõe a ser um protótipo no qual soluções sistêmicas de arquitetura bioclimática, captação e geração alternativa de energia, aproveitamento de águas da chuva, tratamento de esgotos, eficiência dos materiais e automação residencial, são testadas na prática e confrontadas com os respectivos modelos teóricos. Localiza-se na cidade de Brasília, Distrito Federal, na latitude 16° s. O clima de Brasília se apresenta como semi-seco com duas estações bem definidas: a seca e a úmida com temperaturas médias variam de 18° em julho e 23° em setembro, com grandes variações diárias e as noites mais frias. A precipitação anual é de 1750 mm e a umidade relativa é baixa. A radiação difusa é baixa enquanto a radiação direta é bastante intensa

O projeto de viabilidade energética para a Casa Autônoma avaliou, dentre outros, os itens desempenho e dimensionamento do sistema, controle e monitoramento e projeto elétrico apresentados a seguir:

5.1 Desempenho e dimensionamento

5.1.1 Energia total requerida

O valor da energia total requerida é conseguido a partir da fórmula:

$$ETR = E_{cl} + (E_{aqP} + E_{aqA}) + (E_{ilP} + E_{ilA}) + E_{eq} \quad [eq 2]$$

$$ETR = 1355 \text{ Wh} + 0 + 1200 \text{ Wh} + 1500 \text{ Wh} + 696 \text{ Wh} + 4844 \text{ Wh}$$

$$ETR = 9.595 \text{ Wh/dia}$$

Sendo: ETR passiva: 1500 Wh/dia e ETR ativa: 8095 Wh/dia, sendo 1200 Wh/dia utilizando-se aquecedores solares e 6895 Wh/dia utilizando-se energia elétrica

Onde:

ETR = Energia total requerida

E_{cl} = Energia para Climatização

E_{aqP} = Energia para aquecimento Passivo

E_{aqA} = Energia para aquecimento Ativo

E_{ilP} = Energia para iluminação Passiva

E_{ilA} = Energia para iluminação Ativa

E_{eq} = Energia para equipamentos

Cabe a análise da procedência dos valores conseguidos: O valor da energia de climatização advém da utilização de climatizadores ativos para a estabilização climática e melhoria do conforto dos usuários, através de vaporizadores, cascatas de água corrente e pano de água circulante na cobertura. Este valor adotado, leva em conta a energia necessária para a movimentação diária destes equipamentos com a função de retirar uma determinada quantidade de calor transmitida ao ambiente, calculada a partir do desempenho térmico teórico da edificação, que considera perdas e ganhos de temperatura, descrito por Lamberts (1997). Esta climatização cumpre ainda a função de propiciar o resfriamento evaporativo, necessário a melhoria da sensação de conforto, dado que em longos períodos do ano, há uma queda acentuada da umidade relativa do ar.

A energia de aquecimento passivo entra na fórmula com valor nulo porque não é uma energia requerida (para este clima em particular). Esta energia é a advinda dos ganhos de calor transmitidos ao ambiente através dos materiais de acabamento como as paredes, cobertura e aberturas e deve ser retirada do ambiente justamente através dos elementos de climatização ativos descritos anteriormente e através da ventilação. A energia de aquecimento ativa é considerada aqui como a energia solar necessária para o aquecimento da água através de placas de aquecimento e *boiler*.

A energia de iluminação passiva é considerada a energia natural solar que ilumina a edificação durante o dia e a energia de iluminação ativa é aquela conseguida com lâmpadas de diversos tipos.

A energia dos equipamentos é a necessária para o funcionamento das televisões, geladeiras, máquinas diversas, bombas, e todos os eletrodomésticos. (vide tabela 1)

5.1.2 Eficiência

A nível de projeto, são adotados as seguintes diretrizes de eficiência energética: utilização de iluminação natural farta em todos os cômodos de forma a eliminar a necessidade de utilização da

iluminação artificial durante o dia, utilização de equipamentos com comprovada eficiência a nível de consumo, monitoramento do consumo, materiais com alta inércia térmica, sistemas autônomos de controle de luminosidade, utilização de lâmpadas de baixo consumo (9W e automotivas), iluminação de tarefas; cálculo rigoroso da iluminação requerida e fornecida e sistema autônomo de bloqueio de circuitos.

5.1.3 Capacidade produtiva

Para atender a energia requerida o dimensionamento do projeto deve ter as seguintes configurações:

- Características do sistema híbrido adotada em projeto: 9/1 (90% de geração solar e 10% de geração eólica)
- Total de energia ativa consumida diariamente: 6895 Wh/dia
- Tensão do sistema: 12 volts
- Consumo em Ampéres: 575 Ah/dia

Geração fotovoltaica

- Situação solar mais crítica: 3.3 horas de insolação diárias
- Situação mais farta: 10 horas de insolação diárias
- Situação média: 6,8 horas de insolação diária
- Placa solar utilizada: SR 100 – SIEMENS
- Produção nominal da placa: 100 Wp – 5,6 A
- Desempenho da placa em relação a potência nominal: 90%
- Perda dos inversores: 15%
- Perdas adicionais: 8%
- Quantidade de placas: 20 unidades

Geração eólica

- Aerogerador: Air WindModule da SOUTWEST
- Produção diária a partir da frequência relativa: 30 Ah/dia
- Quantidade de aerogeradores: 2 unidades
- Produção total diária: 60 Ah/dia
- Capacidade produtiva total estimada do sistema híbrido: 596 Ah

Banco de baterias

- Suporte para a produção diária: 600 Ah
- Autonomia para 2 dias sem produção: 1200 Ah
- Autonomia de 2 dias com 50% de produção: 600 Ah
- Segurança para sobreconsumo: 100 Ah
- Carga total necessária: 2500 Ah
- Quantidade necessária de baterias: 25 baterias de 100 Ah

5.2 Controle e monitoramento

A Casa Autônoma conta com um sistema de monitoramento que é capaz de avaliar os parâmetros de consumo diário, produção diária dos geradores (solar e eólico), estado de carga das baterias, desempenho do sistema em relação ao projetado e desvio do desempenho. Como respostas à avaliação dos parâmetros, deve ser capaz de produzir as ações de alarme do sobreconsumo, alarme da situação crítica e bloqueio de circuitos. O sobreconsumo é o consumo acima do parâmetro previsto para determinada situação. Um estudo dos riscos do sobreconsumo avalia a *situação de fatura* que é quando a produção excede o consumo diário, sobrando carga para a reposição do banco de baterias, a *situação de normalidade*, na qual a produção é suficiente para garantir o abastecimento normal, a *situação de alerta* em que a produção é ligeiramente inferior ao consumo diário, provocando um decréscimo acumulativo do estoque do banco de baterias e a *situação crítica* em que há um grande decréscimo da carga do banco de baterias que coloca em risco o atendimento ao sistema, requerendo uma ação imediata através do bloqueio de circuitos.

5.3 Projeto elétrico

A planta elétrica tem como principal característica a separação entre os circuitos de tomada e de iluminação. Os circuitos de tomada com tensão 220 V (12 V invertido para 220 V) e os circuitos de iluminação com tensão 12 V. Os circuitos serão divididos em três categorias: Os *circuitos do cotidiano* que são indispensáveis e não podem ser bloqueados, os *circuitos principais* que podem ser bloqueados atingido a situação crítica e os *circuitos secundários* que podem ser bloqueados na situação de alerta.

6. CONCLUSÕES

A urgência de se estabelecer uma política governamental com relação ao futuro da utilização das energias renováveis fica clara na medida em que os recursos tecnológicos disponíveis vão viabilizando modelos sustentáveis de utilização destas energias, seja no sistema interligado ou de sistemas autônomos.

A utilização de energias renováveis em sistemas autônomos envolve questões relativas a viabilidade financeira e da viabilidade técnica das instalações. Os altos custos envolvidos nas instalações autônomas são, na maioria dos casos, proibitivos para boa parte da população em geral. Este quadro tende a mudar na medida em que a participação governamental viabilize, através de incentivos diversos, o barateamento do preço dos equipamentos e a conseqüente redução do custo final de implantação.

Por outro lado, resultados práticos conseguidos com o Projeto Casa Autônoma divulgado junto à população em geral, demonstram que já existe uma parcela da população interessada em se utilizar das energias renováveis a qualquer preço. Para este público, que aumenta a cada dia, a matriz de viabilidade financeira pesa menos que o comprometimento ecológico e a vontade de estar a frente na utilização da energia do futuro.

Em face deste novo desafio é que se presta a contribuir este trabalho, trazendo aprimoramentos à viabilidade de um sistema autônomo de geração energética ao nível urbano.

7. BIBLIOGRAFIA

- ACIOLI, J. **Fontes de energia**, Editora UnB, Brasília, 1993.
- CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**, Cultrix, São Paulo, 1982.
- CAPRA, F. **A Teia da Vida**, Cultrix, São Paulo, 1996.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. E.Blücher, São Paulo, 1999.
- COSTA, H. e ECK, M. **Análise econômica comparativa da eletrificação rural comercial e fotovoltaica**. Trabalho apresentado na XVII Conferência latino-americana de Eletrificação Rural novembro de 1999. Disponível em www.ufpe.br/naper/, acessado em 25.06.2001.
- DANISH WIND TURBINE MANUFACTURES ASSOCIATION –WINDPOWER . Disponível em www.windpower.dk, acessado em 01.08.2001.
- JANNUZZI, G. **Planejamento Integrado de Recursos Energéticos**. Autores Associados, Campinas, São Paulo, 1997.
- LAMBERTS, R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. PW Editores Associados, São Paulo.,1997.
- MONTENEGRO,A.e Reguse, W. **Panorama atual de utilização da energia eólica**. Fontes não-convencionais de energia. Labsolar, Florianópolis, 2000.
- PALZ, W. **Electricidad solar**, Editorial Blume, Barcelona, 1978.
- RETSCREEN. **PV2000**. Minister of Natural Resources Canada, 2000, disponível em <http://retscreen.gc.ca/>, Planilha Exel.
- RÜTHER, R. **Panorama Atual da Utilização da Energia Solar Fotovoltaica e o trabalho do Labsolar nesta área**. Fontes não-convencionais de energia. Labsolar, Florianópolis, 2000.
- SCHEER, Hermann. **A Era Solar**, Deutschland, nº 5, outubro/novembro de 2000, 66p.
- YEANG, K. **Proyectar com la Naturaleza**. Gustavo Gilli, Espanha, 1999.