

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE  
AUTOMAÇÃO E SISTEMAS**

Daniel Mayer

**UMA METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE  
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL EM HABITAÇÕES  
SUSTENTÁVEIS DE ALTO DESEMPENHO**

Florianópolis

2011



Daniel Mayer

**UMA METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE  
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL EM HABITAÇÕES  
SUSTENTÁVEIS DE ALTO DESEMPENHO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de mestre em Engenharia de Automação e Sistemas.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo José Rabelo

Coorientador: Prof. Dr. Carlos Barros Montez

Florianópolis

2011

Catálogo na fonte elaborada pela biblioteca da  
Universidade Federal de Santa Catarina

M468m Mayer, Daniel

Uma metodologia para implantação de automação residencial em habitações sustentáveis de alto desempenho [dissertação] / Daniel Mayer ; orientador, Ricardo José Rabelo. - Florianópolis, SC, 2011.  
138 p.: il., grafs., tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas.

Inclui referências

1. Engenharia de sistemas. 2. Habitação - Projetos - Aspectos ambientais. 3. Sustentabilidade. 4. Desempenho. I. Rabelo, Ricardo José. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas. III. Título.

CDU 621.3-231.2 (021)

Daniel Mayer

**UMA METODOLOGIA PARA IMPLANTAÇÃO DE  
AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL EM HABITAÇÕES  
SUSTENTÁVEIS DE ALTO DESEMPENHO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia de Automação e Sistemas”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Automação e Sistemas.

Florianópolis, 25 de fevereiro de 2011.

---

Prof. José Eduardo Ribeiro Cury, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Ricardo José Rabelo, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Carlos Barros Montez, Dr.  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Jean Marie Farines, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. José Ripper Kós, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Roberto Lamberts, PhD.  
Universidade Federal de Santa Catarina



Aos meus pais Wolney e Dalva, meu  
irmão Alex, minha avó Elza e minha  
esposa Mariane, com amor e gratidão.



## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me providenciar o auxílio necessário à execução deste trabalho;

Aos meus pais Wolney e Dalva e meu irmão Alex, pelo amparo familiar;

À minha esposa Mari, pelo apoio, carinho e amor incondicionais;

À CAPES, pela bolsa concedida durante dois anos (1º e 2º ano);

À FUSP/Eletronbras, pela bolsa concedida durante um ano (3º ano);

À PRPG, especialmente à Pró-Reitora Prof<sup>a</sup>. Maria Lúcia e ao Sr. Marcos, pelo apoio a viagens a Madri, São Paulo e Porto Alegre, em virtude do projeto “Casa Solar Flex (CSF) / Solar Decathlon Europe (SDE 2010)”;

À direção do CTC, especialmente ao Prof. Edison pelo apoio ao treinamento junto à Aureside;

Ao Sr. Miguel e ao Rafael, pelo treinamento sobre o sistema LonWorks;

Ao Sr. Eber, pela concessão de um treinamento gratuito junto à AllConverge;

Ao Sr. Muratori, pelo desconto em um treinamento junto à Aureside;

Aos professores do PPGEAS, pelas aulas ministradas ao longo de um ano e em especial aos professores Rabelo, por todo apoio dado (como por exemplo, aceitar um tema um pouco fora da sua área de pesquisa, pelas autorizações para viagens, etc.) e ao prof. Montez pela coorientação;

Aos professores coordenadores do projeto CSF, especialmente ao prof. Kós pela orientação dos trabalhos, obtenção dos auxílios financeiros, confiança da função, etc.;

Aos colegas da PPGEAS, especialmente ao Jim, Lange e Yuri, pela ajuda em diversos momentos;

Aos colegas do GSIGMA, especialmente ao Rui e à Maiara pelo convívio constante;

Aos colegas do projeto CSF, especialmente ao Eduardo e Miguel, pelas estadias em São Paulo e ao Diego, Rômulo, Pablo e Juliana, pelos desenhos em AutoCAD referentes ao projeto;

Ao prof. Rolf, pela conversa a respeito da dissertação;

Ao Guilherme, por parte do material relacionado ao uso de água potável.



*Ninguém pode começar de novo mas,  
qualquer um pode fazer um novo fim.*

Chico Xavier



## RESUMO

Incorporando fortemente os conceitos de eficiência e sustentabilidade, as Habitações Sustentáveis de Alto Desempenho têm se mostrado como uma alternativa de moradia frente às novas necessidades humanas e ambientais. Devido a suas características particulares, estas habitações necessitam um projeto altamente coeso para que seus objetivos sejam de fato atendidos. Nesse cenário, a Automação Residencial desempenha um papel fundamental, a qual deve permitir a integração dos diversos sistemas residenciais ao mesmo tempo em que precisa auxiliar na operação eficiente e sustentável da habitação, além de educar o usuário quanto a esses aspectos.

Todavia, a natureza multidisciplinar desse tipo de projeto demanda que o Integrador de Sistemas, profissional responsável pela implantação do Sistema de Automação Residencial, tenha um conhecimento em outras áreas que ele nem sempre possui. Além disso, mesmo que o Integrador de Sistemas tenha algum amparo de especialistas dessas áreas, tal fato pode não ser a solução mais apropriada do problema, visto que estes especialistas geralmente desconhecem como seus conhecimentos se inter-relacionam de forma útil ao ponto de vista do Integrador de Sistemas e ao emprego da Automação Residencial.

Neste contexto, o presente trabalho demonstra que a implantação dos Sistemas de Automação Residencial em Habitações Sustentáveis de Alto Desempenho precisa ser realizada com um amparo metodológico que oriente as decisões a serem tomadas ao longo do processo de projeto. Nesse sentido, é delineado um panorama relativo ao uso residencial de recursos como energia elétrica e água potável e são apresentadas metodologias relacionadas à implantação de sistemas de automação em construções. Como principal contribuição deste trabalho, destaca-se a proposta de uma metodologia amparada por bases de conhecimento que considera etapas desde a compreensão acerca de recursos até o planejamento de instalação desses sistemas.

**Palavras-chave:** Automação Residencial. Sustentabilidade. Eficiência.



## ABSTRACT

Strongly incorporating the concepts of efficiency and sustainability, High Efficiency Green-Homes has been seen as a housing alternative for the new environmental and human necessities. Due to its particular aspects, these homes require a highly cohesive design in order to meet its goals. In this scenario, Home Automation plays a key role, which should allow home systems' integration, collaborate on efficient and sustainable house operation and raise the dwellers awareness on these matters.

However, the multidisciplinary aspect of this type of project requires that the Residential Integrator's, the professional responsible for the Home Automation System deployment, should have the expertise in other areas that he hardly has. Moreover, even if the Residential Integrator's has some support from specialists in these areas, this might not be the most appropriate solution to the problem, because these specialists are generally unaware about how their knowledge is interrelated in a useful manner to the Residential Integrator's point of view and to the use of Home Automation.

In this context, this study shows that the deployment of Home Automation Systems in High Efficiency Green-Homes must be done with a methodological support to guide the decisions made during the design process. In such a way, an overview about the residential use of resources such as electricity and potable water is outlined and methodologies related to the deployment of automation systems in buildings are presented. As the main contribution of this work, it is proposed a methodology supported by knowledge bases that considers steps from the understanding of resources to the planning of its installation.

**Keywords:** Home Automation. Sustainability. Efficiency.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metodologia de pesquisa empregada. ....	32
Figura 2 - Distribuição média do consumo residencial de energia elétrica por eletrodoméstico: Brasil. ....	43
Figura 3 - Distribuição média do consumo residencial de energia elétrica por eletrodoméstico: Região Sul. ....	44
Figura 4 - Comparativo entre as distribuições médias do consumo residencial de energia elétrica por eletrodoméstico: itens agrupados. ....	45
Figura 5 - Distribuição da quantidade de ligações na RMSP conforme o tipo de uso e quanto ao volume consumido. ....	48
Figura 6 - Consumo doméstico de água na RMSP. ....	48
Figura 7 - Consumo de água detalhado. ....	49
Figura 8 - Consumo residencial de água nos Estados Unidos. ....	50
Figura 9 - O projeto "Casa Eficiente". ....	54
Figura 10 - Contextualização da HSAD. ....	57
Figura 11 - KNX e LonWorks como soluções <i>end-to-end</i> para AR. ....	59
Figura 12 - Exemplo de quadro de comando composto por módulos KNX. ....	60
Figura 13 - Exemplo de interconexão entre módulos KNX via diferentes meios físicos. ....	61
Figura 14 - Controle predial realizado com KNX. ....	61
Figura 15 - Modos de configuração do sistema KNX. ....	62
Figura 16 - Plataforma LonWorks. ....	63
Figura 17 - Representação da característica <i>peer-to-peer</i> do sistema LonWorks. ....	64
Figura 18 - Topologias típicas de cabeamento suportadas no meio físico paratrançado em redes LonWorks. ....	64
Figura 19 - Componentes do sistema <i>ThinkHome</i> . ....	66
Figura 20 - Exemplo de SAR utilizado no monitoramento de energia elétrica. ....	67
Figura 21 - Passos básicos da metodologia proposta por ELOY <i>et al.</i> ....	68
Figura 22 - Processo de engenharia para uma abordagem integrada. ....	69
Figura 23 - Sequência do projeto automatizado. ....	70
Figura 24 - O SAR como um sistema complementar ao passivo. ....	75
Figura 25 - Elementos constituintes da metodologia proposta: Escopos, Bases de Conhecimento, Instâncias, Descritores e Etapas da Metodologia. ....	83
Figura 26 - Relação simplificada entre as fases da metodologia proposta. ....	95
Figura 27 - Relação entre as etapas da metodologia proposta. ....	96
Figura 28 - Representação esquemática da Etapa 1. ....	97
Figura 29 - Representação esquemática da Etapa 2. ....	98
Figura 30 - Representação esquemática da Etapa 3. ....	99
Figura 31 - Representação esquemática da Etapa 4. ....	100
Figura 32 - Representação esquemática da Etapa 5. ....	102
Figura 33 - Representação esquemática da Etapa 6. ....	104
Figura 34 - Representação esquemática da Etapa 7. ....	105
Figura 35 - Representação esquemática da Etapa 8. ....	106

Figura 36 - Representação esquemática da Etapa 9.....	107
Figura 37 - Representação esquemática da Etapa 10.....	107
Figura 38 - Representação esquemática da metodologia completa.....	108
Figura 39 - Arquitetura de SAR considerada.....	110
Figura 40 - Exemplo parcial de <i>wiring plan</i> (planta física).....	112
Figura 41 – Exemplo de SAR em nível de <i>deployment</i> .....	113
Figura 42 - Visitantes das casas participantes da edição SD 2009 – National Mall, Estados Unidos.....	115
Figura 43 - SDE 2010 – Junto ao rio Manzanares, Madri – Espanha.....	116
Figura 44 - Exemplo de quadro de comando utilizado por equipe participante do SDE 2010.....	117
Figura 45 - Imagem renderizada da Casa Solar Flex.....	117
Figura 46 - Renderização da vista interna da CSF, com ilustração de alguns pontos que contém elementos do SAR.....	119

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Comparativo entre metodologias.....	71
Tabela 2 - Exemplo de correlação entre informações provenientes de sensores e uso por diversos sistemas.....	80
Tabela 3 - Comparativo da metodologia proposta frente às demais metodologias.....	109
Tabela 4 - Exemplo de alterações no projeto do SAR da CSF caso fosse utilizada a metodologia proposta.....	125
Tabela 5 - Indicadores de desempenho gerais.....	128
Tabela 6 - Indicadores de desempenho relacionados à eficiência.....	129
Tabela 7 - Indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade.....	129



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR – Automação Residencial  
BC(s) – Base(s) de Conhecimento  
BCAR – Base de Conhecimento sobre Automação Residencial  
BCC – Base de Conhecimento Construtivo  
BCDS – Base de Conhecimento sobre Dispositivos e Sistemas  
BCIAR – Base de Conhecimento sobre Instalação de AR  
BCR – Base de Conhecimento sobre Recursos  
BCU – Base de Conhecimento sobre Usuários  
CSF – Casa Solar Flex  
DHTI – Digital Home Technology Integration  
E/S – Eficiência e Sustentabilidade  
EHS – European Home Systems  
EIB – European Installation Bus  
EPE – Empresa de Pesquisa Energética  
GGGC – Pennsylvania Governor's Green Government Council  
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo  
HAD – Habitação de Alto Desempenho  
HS – Habitação sustentável  
HSAD(s) – Habitação(Habitações) Sustentável(Sustentáveis) de Alto Desempenho  
HVAC – Heating, Ventilation and Air Conditioning  
IA – Inteligência Artificial  
IEC – International Electrotechnical Commission  
IEE – Instituto de Eletrotécnica e Energia  
IP – Internet Protocol  
ISO – International Organization for Standardization  
LED – Light Emitting Diode  
PLC – Power Line Communication  
RFID – Radio-Frequency IDentification  
RMSP – Rede Metropolitana de São Paulo  
SABESP – Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo  
SAR(s) – Sistema(s) de Automação Residencial  
SD – Solar Decathlon  
SDE – Solar Decathlon Europe  
SMA – Sistema Multi-Agente  
UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro  
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina  
USP – Universidade de São Paulo

VIP – Vacuum Insulation Panel  
ZEB – Zero-Energy Building

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>25</b>
<b>2. REVISÃO TEÓRICA</b> .....	<b>35</b>
2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS TERMOS .....	35
2.1.1. <i>Nomenclatura relacionada à automação residencial</i> .....	35
2.1.2. <i>Nomenclatura relacionada à sustentabilidade e eficiência residencial</i> .....	37
2.2. SUSTENTABILIDADE E EFICIÊNCIA EM RESIDÊNCIAS .....	38
2.2.1. <i>Sustentabilidade em residências – Habitações sustentáveis (HS)</i> .....	39
2.2.2. <i>Eficiência em residências – Habitações de Alto Desempenho (HAD)</i> .....	51
2.2.3. <i>Habitações Sustentáveis de Alto Desempenho (HSAD)</i> .....	55
2.3. ESTADO DA PRÁTICA TÉCNICO SOBRE EQUIPAMENTOS PARA AR .....	58
2.3.1. <i>O sistema KNX</i> .....	60
2.3.2. <i>O sistema LonWorks</i> .....	63
2.4. SARS VOLTADOS À SUSTENTABILIDADE E GESTÃO ENERGÉTICA .....	65
2.5. METODOLOGIAS PARA IMPLANTAÇÃO DE SARS .....	67
<b>3. METODOLOGIA PROPOSTA</b> .....	<b>73</b>
3.1. DIRETRIZES .....	73
3.1.1. <i>Contribuir no aproveitamento sustentável dos recursos gratuitos providos pelo meio-ambiente</i> .....	73
3.1.2. <i>Conceber o SAR como um sistema complementar e integrado ao natural/passivo</i> .....	74
3.1.3. <i>Permitir amplo acesso às informações residenciais</i> .....	76
3.2. ABORDAGEM REALIZADA .....	82
3.2.1. <i>Escopos</i> .....	84
3.2.2. <i>Bases de Conhecimento</i> .....	84
3.2.3. <i>Instâncias</i> .....	85
3.2.4. <i>Descritores</i> .....	86
3.2.5. <i>Detalhamento e exemplificação de BCs e Descritores</i> .....	87
3.3. FASES E ETAPAS DA METODOLOGIA PROPOSTA .....	95
3.3.1. <i>Detalhamento das etapas</i> .....	96
3.4. ARQUITETURA DO SAR .....	109
3.4.1. <i>Exemplo prático de arquitetura instanciada</i> .....	111
<b>4. ESTUDO DE CASO: O PROJETO “CASA SOLAR FLEX”</b> .....	<b>115</b>
4.1. OS CONCURSOS SOLAR DECATHLON (SD) E SOLAR DECATHLON EUROPE (SDE) .....	115

4.2. O PROJETO CSF .....	117
4.3. A AR DO PROJETO CSF .....	119
4.4. A UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA PROPOSTA NA CSF .....	124
4.4.1. <i>O projeto do SAR da CSF frente à metodologia proposta</i> .....	125
<b>5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>127</b>
5.1. DEFINIÇÃO DE INDICADORES DE DESEMPENHO .....	127
5.1.1. <i>Indicadores de desempenho gerais</i> .....	127
5.1.2. <i>Indicadores de desempenho relacionados à eficiência</i> .....	128
5.1.3. <i>Indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade</i> .....	129
5.2. RESTRIÇÕES QUANTO À EXECUÇÃO DAS AVALIAÇÕES .....	129
5.3. CONSIDERAÇÕES .....	130
<b>6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS .....</b>	<b>131</b>
6.1. CONCLUSÕES A RESPEITO DE HABITAÇÕES EFICIENTES E SUSTENTÁVEIS DOTADAS DE AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL.....	132
6.2. CONTRIBUIÇÕES CIENTÍFICAS .....	133
6.3. TRABALHOS FUTUROS .....	134
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>135</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Um Sistema de Automação Residencial (SAR) pode ser definido genericamente como:

Equipamento e infraestrutura que apoia o controle automático de serviços domésticos, tais como condicionamento ambiental, controle de iluminação, alarmes de segurança e incêndio e assim por diante (DIPAOLA, 2007, p.161).

Dentre os dispositivos mais importantes figuram sensores, atuadores e controladores que, comumente interligados com auxílio de uma rede de comunicação, são capazes de automaticamente obter informações, armazená-las, processá-las e em diversos casos, realizar ações. SARs são capazes de propiciar diversas vantagens aos moradores de uma residência, as quais podem ser sintetizadas no aspecto geral de *melhoria na qualidade de vida* (DIPAOLA, 2007).

A implantação de SARs vem crescendo ao longo das últimas décadas e aumentou exponencialmente ao longo dos últimos anos (WELLS, 2009). Sua utilização é motivada por novas necessidades geradas em virtude do modo de vida contemporâneo, tais como conforto, entretenimento, segurança e cuidado remoto a dependentes. Além disso, ela está sendo viabilizada graças à diminuição dos custos do sistema e aos avanços tecnológicos na área.

Entretanto as aplicações que os SARs tiveram no mercado não foram tão populares quanto se esperava. Isso se deve a uma lacuna entre os hábitos dos usuários e os serviços oferecidos pelos chamados “dispositivos inteligentes”, de onde se percebe a necessidade de se integrar tais dispositivos para promover serviços de maior valor agregado (CHUN-YU *et al.*, 2009).

A tecnologia não é mais um problema para a residência inteligente, mas o projeto de serviços e os hábitos dos usuários ainda demandam mais estudos dos projetistas para que surjam melhores soluções (CHUN-YU *et al.*, 2009, p.4).

Paralelamente, houve avanços significativos nos projetos e construções de residências contemporâneas, onde há uma preocupação crescente com critérios tais como eficiência e sustentabilidade (E/S) quanto ao uso de recursos (MENDLER *et al.*, 2006), constituindo o que passará a ser chamado neste trabalho de Habitações Sustentáveis de Alto Desempenho (HSADs). Residências com estas características tendem a ser mais comuns à medida que as pessoas se conscientizam do papel que

desempenham no meio ambiente; que reconhecem os benefícios que estas podem lhes propiciar; que os materiais e equipamentos necessários venham a ter preços mais acessíveis e também, à medida que as regulamentações construtivas se tornam mais exigentes.

O incentivo à sustentabilidade no projeto do ambiente construído é um fator essencial para atender aos desafios atuais em resposta à disponibilidade de recursos, produção de energia, deterioração ecológica e mudança climática (ALTOMONTE, 2010, p.1).

Combinando o emprego de um SAR em uma HSAD, o desenvolvimento do projeto *Casa Solar Flex* (CSF), protótipo brasileiro desenvolvido para a competição *Solar Decathlon Europe 2010*<sup>1</sup> (SDE), demonstrou que cada vez mais SARs poderão atuar como gerenciadores de informações, além de poderem viabilizar a integração dos diferentes sistemas de uma residência. Nesse sentido, o projeto de um SAR deve reunir os sistemas da casa e atuar como um veículo para que os ciclos da natureza voltem a ser importantes em uma HSAD, de forma semelhante às casas construídas a partir de métodos tradicionais relacionados às condições ambientais de cada região.

A maior parte destas edificações possui uma configuração dinâmica e se adapta a diferentes horários, estações, etc. Seu dinamismo aproxima os moradores e seus hábitos dos ciclos da natureza. Janelas ou portas são fechadas quando o vento muda de direção e algumas vezes até o local onde as famílias cozinham está relacionado com alterações climáticas. Outras casas são constituídas por uma série de camadas que são fechadas por seus moradores nos dias mais frios ou abertas quando a temperatura torna-se mais elevada. Por estas razões, estas casas são instrumentos que ajudam a conectar os homens com a natureza (MAYER *et al.*, 2010, p.4).

Dessa forma, há uma tendência evidente de que E/S serão cada vez mais relevantes no âmbito residencial, ao mesmo tempo em que SARs passarão a ser mais utilizados. Entretanto, se estes não forem empregados com o devido critério, poderão não contribuir satisfatoriamente para que a residência como um todo apresente a redução significativa dos impactos indesejados ao meio ambiente.

---

<sup>1</sup> Mais informações sobre a CSF e a competição Solar Decathlon Europe 2010 são apresentadas no Capítulo 4.

Diversos elementos e técnicas necessitam ser utilizados em conjunto para que uma residência tenha de fato as características desejáveis de uma HSAD. Dentre estes elementos, observa-se na prática a necessidade de que alguns sejam capazes de atender aos seguintes macro requisitos:

1. Coletar informações;
2. Armazená-las, quando for necessário/útil;
3. Processar (tomar uma decisão sobre) as informações obtidas;
4. Realizar as ações necessárias.

Essas atividades poderiam ser realizadas pelos próprios moradores, o que comumente acontece nas residências, por exemplo, quando:

A) um usuário percebe que o vento na rua está agradável (1), decide abrir uma determinada janela (3) e desempenha a ação de abrir esta janela (4).

Ou ainda:

B) um usuário observa o valor da conta de energia elétrica (1), memoriza / toma nota desse valor (2), compara com gastos anteriores / chega à conclusão de que necessita economizar (3), toma ações no sentido de economizar energia (4), tais como diminuir o tempo de banho, apagar lâmpadas desnecessariamente acesas, etc.

Entretanto, a execução de muitas destas ações necessita uma atenção especial do usuário, o qual cada vez mais precisa empregar seu tempo em outras prioridades ou possui seus interesses voltados a outras atividades. Além disso, muitas delas podem ter que ser executadas ao mesmo tempo, o que faz com que uma única pessoa seja insuficiente. Para qualquer um dos quatro macro requisitos apresentados, ainda pode ser necessária uma maior precisão (numérica, temporal, etc.) e uma maior segurança (contra falhas, contra faltas, etc.), para as quais a intervenção dos usuários pode não ser satisfatória.

Uma segunda alternativa se trata da utilização de equipamentos dotados com capacidade computacional, devidamente adaptados às necessidades residenciais: os SARs.

Verifica-se que uma HSAD está repleta de necessidades e oportunidades que são atendidas por um SAR. Entretanto o emprego de SARs vem se popularizando em residências convencionais (em termos construtivos) especialmente devido a melhorias em conforto que estes podem propiciar, como por exemplo, comandando dispositivos remotamente, aliado à capacidade de integrar diversos sistemas

residenciais. Todavia, esses mesmos SARs, quando apropriadamente especificados em termos de funcionalidades, dispositivos e técnicas de instalação (de forma que visem sustentabilidade e eficiência), podem ser capazes de atender aos seguintes requisitos funcionais específicos de AR relacionados a uma HSAD (verificados na prática):

1. Gerenciar os sistemas passivos (quando possível/necessário), além dos sistemas ativos;
  - a. Monitorar variáveis de interesse;
  - b. Processar as informações com uma estratégia adequada (incluindo predição);
  - c. Comandar os atuadores autonomamente.
2. Gerenciar o consumo de recursos;
  - a. Monitorar os pontos de interesse;
  - b. Armazenar as informações para análise;
  - c. Disponibilizar as informações de forma facilmente compreensível ao usuário.
3. Educar o usuário;
  - a. Mostrar ao usuário se suas ações estão de acordo com os princípios de E/S;
  - b. Propor correções de hábitos, caso necessário;
  - c. Informar sobre variações no meio-ambiente.

Entretanto, o fato de um SAR cumprir com os requisitos funcionais específicos de uma HSAD não significa que este deixa de atender aos requisitos ou propiciar os benefícios que são encontrados em residências convencionais dotadas de AR, tais como:

1. Proporcionar melhorias em termos de conforto, comodidade, praticidade e segurança;
2. Permitir a integração entre os diversos dispositivos e sistemas presentes na residência.

Porém, a adição de um SAR, seja em uma residência convencional ou em uma HSAD, pode trazer alguns inconvenientes:

Controles que ajustam a iluminação para compensar as quantidades variáveis de luz do dia e sensores de ocupação que ligam e desligam de acordo com a ocupação, adicionam complexidade e gastos adicionais (KILBERT, 2008, p.12).

O profissional encarregado pelo SAR (chamado geralmente de “integrador de sistemas residenciais”, ou simplesmente “integrador”) de uma HSAD nem sempre possui todo o conhecimento necessário para a execução da tarefa, especialmente ao que se refere ao *know-how* de outras áreas, necessidade que é comum nesse tipo de projeto. Além disso, o acesso do integrador a profissionais especializados em tais áreas pode não trazer a solução para o problema por diversas razões: tanto por inviabilidade (prática, financeira, etc.) quando pelo fato de que estes terceiros também possam não ter a visão geral de como tais conhecimentos se inter-relacionam de forma útil ao ponto de vista do integrador.

Raramente os arquitetos possuem o conhecimento necessário quanto ao equipamento técnico da construção e, portanto, quanto ao SAR. Profissionais da área de HVAC e da área de instalações elétricas também possuem um desconhecimento sobre as tecnologias de automação (RUNDE *et al.*, 2010). Até o momento, SARs são comumente projetados e instalados sem o devido cuidado e o conhecimento especializado que necessitam (VAZQUEZ e KASTNER, 2010).

Nesse contexto, surge a necessidade da incorporação adequada de um SAR em uma HSAD, de forma que juntos eles possam compor uma residência bem concebida, onde os diferentes projetos e sistemas estejam devidamente integrados e compostos de forma coesa e, assim, a casa como um todo possa atingir de fato os graus de eficiência e sustentabilidade esperados.

A preocupação em desenvolver o projeto de uma residência de forma interdisciplinar e integrada, com conexão transparente entre sistemas elétricos e mecânicos, melhora a eficiência energética e é apontada, inclusive, como a garantia do bom desempenho de casas construídas sob essa ideologia até mesmo em competições<sup>2</sup> (DHOPLE *et al.*, 2010).

---

<sup>2</sup> O projeto “Gable Home”, desenvolvido pela Universidade de Illinois (EUA), conquistou o segundo lugar geral na competição Solar Decathlon 2009 (SD 2009), que foi disputado entre 20 universidades nos Estados Unidos. Mais informações sobre a competição são apresentadas no Capítulo 4.

Com a tecnologia correta e adequadamente empregada, os usuários da residência terão ao seu dispor os meios necessários para que possam manter hábitos favoráveis a um modo de vida sustentável, porém sem reduzir seu conforto. Além disso, não só a casa – com algumas de suas funções automatizadas – mas os próprios usuários poderão contribuir para o funcionamento desejado da residência, com a qual aprendem continuamente.

Um grande esforço é necessário para atingir os melhores níveis de otimização, pois a tecnologia precisa ser projetada, instalada, operada e mantida corretamente (VAZQUEZ e KASTNER, 2010).

Sendo assim, é possível formular a seguinte **pergunta de pesquisa**: *“Como implantar AR em uma HSAD de forma que o atendimento a requisitos de eficiência e sustentabilidade sejam potencializados?”*.

Neste trabalho compreende-se a palavra **eficiência** em seu sentido mais amplo, como sendo *“a qualidade de fazer bem algo sem desperdício de tempo ou dinheiro”*(OXFORD ONLINE, 2011). Entretanto, é dado um enfoque especial quanto ao uso de recursos, tais como água, energia elétrica, etc. Quanto à eficiência no uso de energia elétrica, se aceita a definição dada pela mesma fonte como sendo *“a relação entre a quantidade de energia que vai para uma máquina ou motor e a quantia que ela produz”*.

Como **sustentabilidade** é considerada a adaptação de Gro Bruntland feita em relação à definição de Lester Brown, como sendo a capacidade de *“atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras de atingir as suas necessidades”* (KILBERT, 2008, p.14). No contexto residencial, o conceito de sustentabilidade enfatiza o uso racional de recursos ao mesmo tempo em que sugere que as fontes naturais (tais como vento, energia solar, etc.) sejam melhor aproveitadas.

Verifica-se na literatura a existência de metodologias que buscam facilitar a tarefa de implantação de SARs, porém não foram verificadas metodologias específicas o suficiente para tratar satisfatoriamente e de forma integrada as questões de eficiência e sustentabilidade.

Sendo assim, novas abordagens precisam ser elaboradas para integrar diversas tecnologias em ambientes diferentes (PLOMP e TEALDI, 2004). Os processos de engenharia atuais apresentam uma série de deficiências nas exigências para a implementação de tais sistemas (RUNDE *et al.*, 2010). A natureza complexa do estudo do lar demanda abordagens interdisciplinares para projetar e avaliar a tecnologia de casa inteligente (SAIZMAA e HEE-CHEOL, 2008).

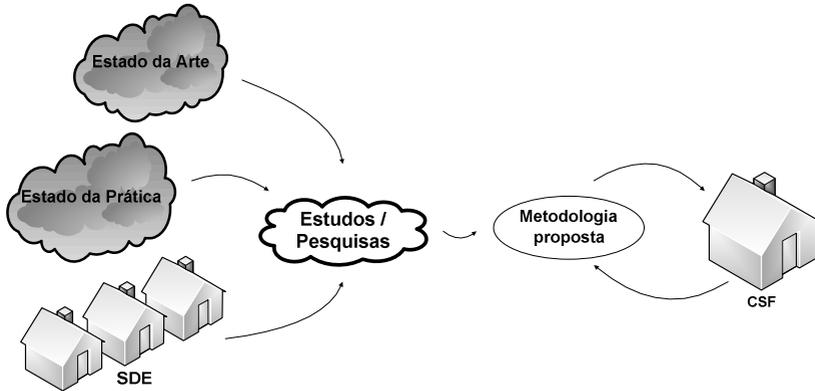
Com base no exposto, o presente trabalho tem o **objetivo geral** de *desenvolver uma metodologia aplicável ao processo de implantação de um SAR que permita o aumento dos benefícios em termos de eficiência e sustentabilidade que este sistema pode proporcionar a uma HSAD.*

Para isso será evidenciada a importância do caráter que as informações residenciais desempenham nesse contexto. O uso de uma aplicação de residência inteligente tecnicamente sofisticada aliada ao uso de interfaces intuitivas que apresentam informações sobre o uso de energia possui o potencial de tornar viável a obtenção da residência inteligente energeticamente eficiente (JAHN *et al.*, 2010).

Os **objetivos específicos** deste trabalho são:

1. Identificar os requisitos funcionais específicos de AR para uma HSAD;
2. Mapear os grupos de informações relevantes ao emprego da metodologia;
3. Formalizar a metodologia proposta ao sistematizar e relacionar as etapas envolvidas no processo, representando-as de forma gráfica;
4. Identificar diretrizes adequadas (requisitos gerais) quanto ao SAR de uma HSAD;
5. Identificar SARs comerciais adequados a HSADs e ao emprego da metodologia.

A **metodologia de pesquisa** utilizada neste trabalho é sucintamente representada pela Figura 1.



**Figura 1 - Metodologia de pesquisa empregada.**

Este trabalho foi composto por fases de pesquisa dos estados da arte e da prática relacionados a ambos os contextos de AR e de HSADs, além de considerar informações referentes à competição SDE. Uma breve avaliação sobre eficiência e sustentabilidade, incluindo um estudo sobre a destinação residencial de recursos importantes como energia elétrica e água potável apresentou a necessidade de ser conduzida. Metodologias destinadas à implantação de AR também foram avaliadas e comparadas.

Além disso, foi utilizado o conhecimento teórico-prático obtido no projeto CSF para desenvolver e aprimorar a metodologia proposta. Reaplicando-a na própria CSF, a metodologia proposta pode ser utilizada para avaliar e corrigir o projeto de implantação do SAR já realizado.

Tendo como base os trabalhos de (JUNG, 2003; LEEDY, 1997; SILVA, 2005), a pesquisa pode ser enquadrada metodologicamente da seguinte forma:

1) *Hipótese de pesquisa: **Afirmativa Empírica***

*“A utilização de uma metodologia direcionada que oriente o processo de implantação de um SAR em uma HSAD possibilita que sejam obtidas melhoras significativas nos benefícios que o conjunto pode proporcionar em termos de eficiência e sustentabilidade”.*

Esta hipótese é **afirmativa** em virtude de que a pesquisa deve demonstrar que a metodologia auxilia na obtenção dos resultados

esperados e é **empírica** por ter alguma fundamentação, mas não necessariamente lógica com teorias e leis existentes.

2) *Método de Pesquisa: Indutivo*

A pesquisa procura criar uma metodologia genérica baseada em uma instância particular real (CSF).

3) *Abordagem de Pesquisa: Qualitativa*

Há uma visão subjetiva dos resultados, que dificilmente pode ser traduzida em números.

4) *Paradigma de Pesquisa: Naturalista*

A realidade em que o problema está inserido não é completamente passível de predição e a realidade só pode ser entendida dentro de um contexto.

5) *Natureza da Pesquisa: Aplicada*

Como a pesquisa será feita com o objetivo de ser utilizada na prática, a natureza da mesma é aplicada.

6) *Objetivos da Pesquisa: Descritivo*

A pesquisa visa descrever como que um SAR deve ser implantado em uma HSAD.

7) *Procedimentos de Pesquisa: Pesquisa bibliográfica, estudo de caso e pesquisa-ação*

Considerando-se que deve haver metodologias aplicáveis para casos semelhantes, uma pesquisa bibliográfica será necessária; como estudo de caso será utilizado o projeto CSF para evidenciar os problemas que existem na prática; a pesquisa também é caracterizada como pesquisa-ação, pois o aluno irá buscar resolver os problemas associados.

8) *Técnicas, métodos e ferramentas: Consulta ao Portal de Periódicos da Capes, leitura de papers, comparativos entre metodologias, pesquisa de SARs comerciais de referência, elaboração prática de projetos para a CSF, etc.*

9) *Tempo da Pesquisa: Estudo Longitudinal*

As informações relacionadas à pesquisa serão obtidas ao longo do trabalho.

10) *Tipo de observação na Pesquisa: **Assistemática***

A observação, coleta e registro dos dados são feitos sem um plano previamente estabelecido.

11) *Variáveis a serem observadas na pesquisa: **Variável dependente (ou resposta)***

Variáveis relacionadas à *sustentabilidade* e à *eficiência* devem ser avaliadas.

O presente trabalho está organizado da seguinte maneira: o Capítulo 2 apresenta a revisão teórica referente ao trabalho; o Capítulo 3 descreve a elaboração da metodologia proposta; o Capítulo 4 relata o estudo de caso realizado junto ao projeto CSF; o Capítulo 5 traz uma avaliação do trabalho desenvolvido; por fim, o Capítulo 6 aborda as conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

## 2. REVISÃO TEÓRICA

### 2.1. Caracterização dos termos

Vários termos semelhantes são utilizados nos contextos específicos de automação, sustentabilidade e eficiência em residências.

A título de familiarização e definição de escopo, a seguir serão apresentados alguns dos mais importantes e frequentes. Contudo, apesar da discussão da pertinência de cada termo ter a sua devida importância, a questão não será abordada neste trabalho.

#### 2.1.1. Nomenclatura relacionada à automação residencial

Tanto na literatura quanto na prática, observa-se a ocorrência de uma série de termos distintos utilizados para se referir ao que será chamado neste trabalho genericamente de “*Automação Residencial*” (AR). Estes não apresentam exatamente o mesmo significado entre si, mas para os objetivos deste trabalho podem ser considerados como se fossem similares. Para exemplificar uma definição de AR na qual são utilizados estes termos de forma análoga, segue a definição dada por Wells:

**DHTI** é o conceito de um ambiente de tecnologia de casa conectada no qual um sistema computadorizado central que, programado ou de alguma forma dirigido pelo proprietário, gerencia e distribui dados digitais de entrada e saída de internet e audiovisuais, automatiza a iluminação, eletrodomésticos, utilidades, controla a rede local (LAN), sistema de segurança e outras tecnologias da casa. O resultado é o que é comumente chamado de “**casa inteligente**”, na qual dados e sistemas de controle estão automatizados e integrados uns aos outros na medida do possível (WELLS, 2009, p.2).

Portanto, pode-se definir um SAR como o conjunto formado por diversos dispositivos que, operando de forma integrada, desempenham autonomamente funcionalidades relacionadas à operação de uma residência<sup>3</sup>.

Observa-se que novos termos e suas definições são criados frequentemente, visto que alguns autores e especialistas da área

---

<sup>3</sup> Definição do próprio autor.

defendem que determinados termos englobam mais / novos conceitos, ou ainda, que são a evolução de termos já ultrapassados frente aos novos cenários que a tecnologia proporciona nas residências.

Um novo vocabulário surge com uma nova tecnologia, que no escopo de residência inteligente, pode ser exemplificado nos termos: casa automática, casa inteligente, automação residencial, domótica, etc. (BOLZANI, 2004).

A nomenclatura encontrada na bibliografia utilizada, com exemplos de autores que adotam os respectivos termos, pode ser agrupada em dois idiomas:

Em Inglês:

- a. Information, Communication and Automation Technologies (ELOY *et al.*, 2010);
- b. Digital Home Technology Integration (WELLS, 2009);
- c. Home Automation (DIPAOLA, 2007);
- d. Building Automation (DIBOWSKI *et al.*, 2010);
- e. Smart Home (BRIERE e HURLEY, 2003).

Em Português:

- a. Automação Residencial (BOLZANI, 2004);
- b. Automação Predial (BOLZANI, 2004);
- c. Domótica (BOLZANI, 2004);
- d. Residência/Casa Inteligente (BOLZANI, 2004);
- e. Lar Digital.

O resultado propiciado pela AR pode ser enquadrado como um tipo de *ambiente inteligente*, que pode ser definido como aquele onde todos os tipos de dispositivos trabalham continuamente para tornar a vida dos habitantes mais confortável, ou ainda, aquele que pode adquirir e aplicar conhecimento sobre o ambiente e se adaptar a seus habitantes para melhorar a experiência deles naquele ambiente (COOK e DAS, 2004). As características fundamentais encontradas em um sistema inteligente são (BOLZANI, 2004):

1. Capacidade para integrar todos os sistemas;
2. Atuação em condições variadas;
3. Memória;
4. Noção temporal;
5. Fácil relação com o usuário;

6. Facilidade de reprogramação;
7. Autocorreção.

### **2.1.2. Nomenclatura relacionada à sustentabilidade e eficiência residencial**

Da mesma forma que para a automação residencial, são encontrados diversos termos relacionados à sustentabilidade e à eficiência em residências / edificações, cuja nomenclatura pode ser agrupada em dois idiomas:

Em Inglês:

Um vocabulário único está surgindo para descrever conceitos relacionados à sustentabilidade e mudanças ambientais globais. Termos tais como *Factor 4 e Factor 10, ecological footprint, ecological rucksack, biomimicry, Natural Step, eco-efficiency, ecological economics, biofilia e o Precautionary Principle* descrevem os conceitos filosóficos e científicos globais que se aplicam à mudança de paradigma em direção à sustentabilidade. Termos complementares tais como *green building, build assessment, ecological design, life-cycle assesment, life-cycle costing, high-performance building e charrete* articulam técnicas específicas na avaliação e aplicação dos princípios de sustentabilidade ao ambiente construído. (KILBERT, 2008, p.2).

Ou seja, vários termos também foram cunhados para designarem a preocupação com o mesmo elemento: sustentabilidade. Entretanto se observa que nem todos se tornaram tão populares quanto o termo *green building*, que engloba ambos conceitos de E/S.

*Green buildings* podem ser definidas como “instalações saudáveis projetadas e construídas de uma maneira eficiente em termos de recursos, utilizando princípios ecologicamente fundamentados”. Similarmente, *ecological design, ecologically sustainable design, e green design* são termos que descrevem a aplicação de princípios sustentáveis em projeto de construções (KILBERT, 2008, p.9).

Em Português:

Derivadas dos termos em inglês, neste trabalho foram adotadas as seguintes nomenclaturas:

1. Habitações sustentáveis – HS;
2. Habitações de alto desempenho – HAD;
3. Habitações sustentáveis de alto desempenho – HSAD.

## 2.2. Sustentabilidade e eficiência em residências

Em novembro de 1992, mais de 1.700 dos principais cientistas do mundo, incluindo a maioria dos prêmios Nobel em ciências, emitiu o “Aviso dos Cientistas do Mundo para a Humanidade”. O preâmbulo desse aviso afirmou: “Seres humanos e o mundo estão em rota de colisão. [...] Mudanças fundamentais são urgentes se nós quisermos evitar o choque que o nosso curso presente trará”. (KILBERT, 2008, p.15).

O distanciamento existente entre a humanidade e a natureza ocorreu em virtude de diferentes circunstâncias e as edificações atuais representam apenas parte desta mudança dos hábitos do homem moderno (MAYER *et al.*, 2010). Nesse contexto, E/S figuram como dois dos mais importantes assuntos discutidos, desejados e pesquisados para o contexto residencial. Acredita-se que são duas importantes diretrizes que nortearão a forma como uma habitação moderna deve ser construída, especialmente frente ao cenário econômico-ambiental previsto, no qual figura um aumento do valor dos recursos (água, energia, petróleo, etc.) ao mesmo tempo em que estes se tornam mais escassos na natureza.

O gasto em operar edifícios que são aquecidos e resfriados utilizando óleo combustível e gás natural irá provavelmente aumentar, junto com o custo de transporte pessoal, industrial e comercial dependente de combustíveis fósseis. (KILBERT, 2008, p.2).

Nesta mesma tendência de E/S se enquadram as *Zero-Energy Buildings* (ZEB), que podem ser definidas como construções residenciais ou comerciais com necessidades energéticas bastante reduzidas por meio de ganhos em eficiência, de tal forma que a demanda

energética pode ser suprida por energias renováveis (TORCELLINI *et al.*, 2006).

As casas devem gerar localmente grande quantidade de energia através de fontes renováveis, mas o foco principal destas tecnologias é direcionado para a redução do consumo através de sistemas e equipamentos muito eficientes. Estas tecnologias possuem ainda um significativo potencial de reconexão do homem contemporâneo com o ambiente natural e os ciclos da natureza (MAYER *et al.*, 2010, p.5).

### **2.2.1. Sustentabilidade em residências – Habitações sustentáveis (HS)**

Sustentabilidade foi definida pela primeira vez por Lester Brown, um ambientalista Americano bem conhecido e por muitos anos o cabeça do *Worldwatch Institute*. Em “*Building a Sustainable Society*”, ele define uma sociedade sustentável como “... uma que é capaz de satisfazer suas necessidades sem menosprezar a oportunidade das gerações futuras.” Em 1987, a *Bruntland Commission*, encabeçada pelo então Primeiro Ministro da Noruega, Gro Bruntland, adaptou a definição de Brown, referenciando desenvolvimento sustentável como “... atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de gerações futuras de atingir as suas necessidades”. Desenvolvimento sustentável, ou sustentabilidade, sugere fortemente um chamado para justiça internacional e a percepção que a população atual está simplesmente tomando emprestado recursos e condições ambientais das gerações futuras. (KILBERT, 2008, p.14).

O projeto sustentável se afasta de sistemas extrativos e descartáveis que utilizam muita energia, que são ineficientes em termos de recursos e tóxicos, e vai em direção a sistemas cíclicos, de malha-fechada, que são restauradores, dinâmicos e flexíveis. (MENDLER *et al.*, 2006, p.2).

De acordo com essas afirmações, nota-se que **a chave para a obtenção da sustentabilidade residencial consiste em utilizar adequadamente os recursos necessários**, não só no processo construtivo, mas principalmente **durante a vida útil** desta.

A sustentabilidade nas residências é, portanto, uma das grandes tendências e necessidades que a humanidade terá de resolver satisfatoriamente e a AR pode contribuir significativamente nesse sentido.

Para isso, é de fundamental importância um amplo conhecimento a respeito dos recursos: disponibilidade *versus* demanda atual; previsões de disponibilidade *versus* demanda futura; impactos decorrentes do uso; razões, impactos e forma de redução de desperdícios, etc. Formalmente, este conhecimento passará a ser chamado neste trabalho de *Base de Conhecimento sobre Recursos (BCR)*. Descrita no Capítulo 3, a BCR se trata de uma das bases de conhecimento necessárias para orientar a condução da metodologia proposta para implantação de AR em HSADs.

#### 2.2.1.1. Breve análise sobre recursos utilizados em uma residência

A humanidade tem passado a refletir sobre a sua forma de viver, motivada especialmente pelas recorrentes notícias sobre o aquecimento global e pelos sinais da natureza que os cientistas do mundo todo vêm atribuindo a esse fenômeno.

Porém muitos ainda se perguntam: “quais atos que concretamente podem ser feitos para que possam ajudar significativamente a melhorar esse quadro preocupante?”.

A questão de projeto com consciência de recursos é central para construção sustentável, a qual fundamentalmente objetiva minimizar o consumo de recursos naturais e o impacto resultante aos sistemas ecológicos (KILBERT, 2008, p.6).

A análise a seguir caracteriza a importância do consumo residencial de recursos em geral e apresenta os primeiros indicativos de como a AR pode contribuir neste aspecto.

### *2.2.1.1.1. Energia elétrica*

A potência instalada no Brasil (referente à 31/12/2009) é essencialmente baseada em hidrelétricas (73,75%) e termoeletricas (23,79%) (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2010). Este total de 97,54% mostra o quanto o Brasil carece de fontes que causam menos impactos ambientais, tais como a eólica e solar.

Em fevereiro de 2010 o Brasil superou o recorde de consumo de energia elétrica instantâneo. Naquele momento, diversas termoeletricas, mais poluentes, tiveram que entrar em operação para atender a demanda (JORNAL O GLOBO, 2010).

Assim observa-se que de acordo com o perfil de geração elétrica do Brasil, diminuir o consumo de energia elétrica no horário de pico, ou ainda, utilizar esta energia fora deste período, já é um hábito sustentável por si só, pois se adotado em grande escala, tal comportamento ajuda a diminuir a necessidade do uso de usinas termoeletricas.

De acordo com o documento Balanço Energético Nacional de 2009 - BEN 2009, com dados referentes a 2008, a energia elétrica no Brasil consumida pelo setor residencial corresponde a 22,3%, o qual fica atrás somente do setor Industrial, que consome 46,1%. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME / EMPRESA DE PESQUISA DE ENERGIA - EPE, 2009).

Além disso, o relatório destaca que se tratando de energia elétrica, “o setor residencial apresentou crescimento de 5,2%, devido principalmente ao aumento da renda e à ligação de domicílios que não eram atendidos por redes elétricas” (p.15). Ainda segundo o mesmo relatório, com relação às demais fontes de energia usadas nas residências (total de 100%), o consumo de eletricidade vem substituindo outras fontes de energia continuamente desde 2002 a uma taxa de crescimento médio de 1% ao ano. Assim a energia elétrica representou em 2008 a parcela de 36,2%, ficando a frente do uso de lenha (33,9%) e de GLP (26,6%) (p.73). O relatório também mostra que os setores Energético e Industrial possuem os mais altos índices de eficiência energética (considerando-se todas as fontes de energia): 75,2% e 72%, respectivamente. Já o segmento residencial apresenta a eficiência de apenas 47,4% (p.183).

Com base no exposto, constata-se que para o já expressivo consumo residencial de energia elétrica (aproximadamente  $\frac{1}{4}$  do total nacional) há uma tendência de aumento, sendo que as residências ainda desperdiçam mais da metade da energia total que utilizam.

Constata-se que o eletroeletrônico mais comum nos lares brasileiros é o televisor. Este é encontrado em 97,1% das residências e apresenta uma média de número de equipamentos por residência de 1,41 (DIVISÃO DE IMPRENSA DA ELETROBRAS, 2007). A mesma reportagem traz a opinião de dois especialistas na área:

De acordo com Luiz Eduardo Menandro de Vasconcelos, chefe do Departamento de Planejamento e Estudos de Conservação de Energia da Eletrobras/Procel, “essa cobertura faz com que seja importante reduzir o consumo dos aparelhos de tevê, pois, mesmo no modo stand-by, a quantidade de energia gasta por esse tipo de aparelho não é desprezível”.

Segundo Emerson Salvador, chefe da Divisão de Suporte Técnico de Conservação de Energia da Eletrobras/Procel, “o chuveiro elétrico é responsável por cerca de 60% da carga do sistema nas horas de pico de consumo, entre 18h e 20 horas”.

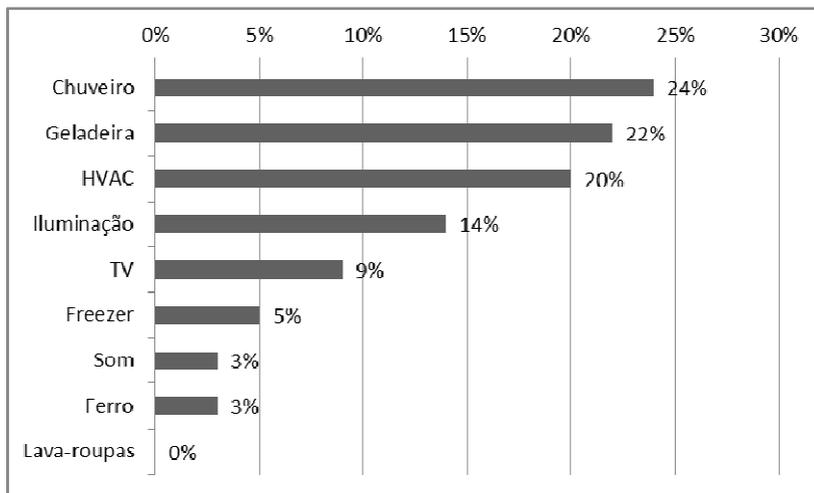
Estes últimos fragmentos permitem uma breve reflexão sobre o quanto a AR e a mudança de maus hábitos podem em conjunto auxiliar na diminuição do consumo de energia elétrica de uma residência, seja nos consumos menos expressivos, porém constantes (como é o caso do *stand-by* do televisor), até os que ocorrem em um menor intervalo de tempo, porém mais significativos (como é o caso do chuveiro). Por exemplo, essas questões poderiam ser abordadas da seguinte forma: No momento em que é obtida a informação de que o usuário está fora de casa<sup>4</sup>, o SAR poderia simplesmente desligar o circuito da tomada que alimenta televisor, o qual seria ligado automaticamente após a volta do usuário à residência. Já a redução do consumo de energia elétrica do chuveiro pode necessitar, além da conscientização do usuário, da utilização de dispositivos e sistemas mais eficientes, os quais podem ser gerenciados pelo SAR.

De acordo com a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo (ELETROBRAS/PROCEL, 2007), uma residência no Brasil consome em média energia nas proporções<sup>5</sup> apresentadas na Figura 2.

---

<sup>4</sup> que poderia ser facilmente informada pelo próprio usuário, com o pressionar de um botão.

<sup>5</sup> onde climatização ambiental foi indicada por “HVAC”, televisor por “TV”, aparelho de som por “Som” e ferro de passar roupas por “ferro”.

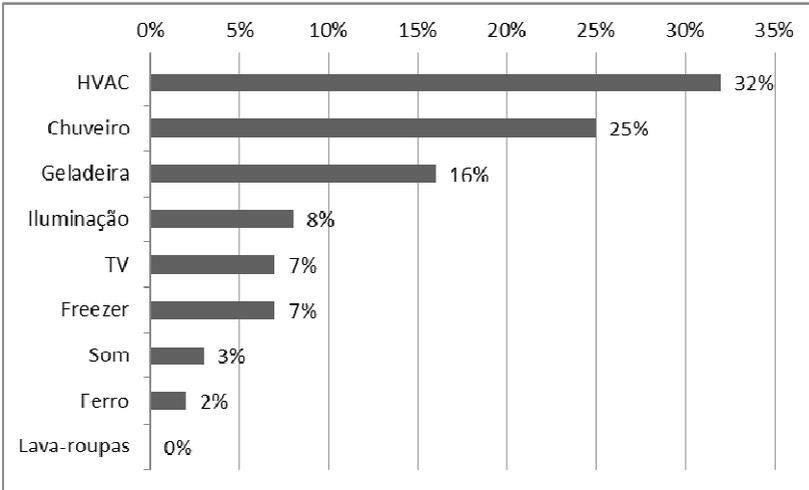


**Figura 2 - Distribuição média do consumo residencial de energia elétrica por eletrodoméstico: Brasil.**

Fonte: (ELETROBRAS/PROCEL, 2007).

Por esses dados, observa-se que somente os dois primeiros itens da lista (chuveiro e geladeira) consomem aproximadamente metade da energia elétrica de uma casa (46%), enquanto se adicionarmos a estes o condicionamento ambiental se chega a 2/3 da energia elétrica total (66%).

Entretanto, se forem comparados os dados entre as diferentes regiões do país, observa-se que há importantes diferenças. Por exemplo, especificamente para a região sul, a distribuição média do consumo de energia elétrica por eletrodoméstico se dá conforme apresentado pela Figura 3.

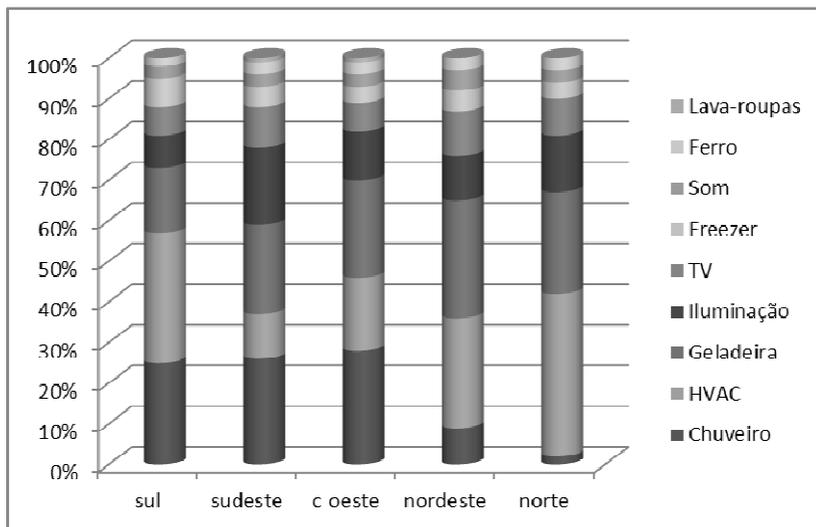


**Figura 3 - Distribuição média do consumo residencial de energia elétrica por eletrodoméstico: Região Sul.**

Fonte: (ELETROBRAS/PROCEL, 2007).

Com estes dados se percebe que a região sul apresenta uma concentração de consumo ainda maior nos primeiros itens, sendo que os dois primeiros (HVAC e chuveiro) correspondem a mais da metade do consumo de energia elétrica residencial (57%). Se somarmos a estes o terceiro item da lista (geladeira), chega-se aproximadamente aos 3/4 do consumo de energia elétrica total da casa (73%). Nota-se que, comparado com os dados referentes ao Brasil (Figura 2), há uma mudança de ordem causada pelo consumo do HVAC, que assume a primeira posição, apesar do chuveiro representar um ponto percentual a mais do que a média nacional.

Utilizando-se os dados de todas as regiões brasileiras (sul, sudeste, centro-oeste, nordeste e norte), é possível se observar outros aspectos interessantes na Figura 4.



**Figura 4 - Comparativo entre as distribuições médias do consumo residencial de energia elétrica por eletrodoméstico: itens agrupados.**

Fonte: (ELETROBRAS/PROCEL, 2007).

Com relação aos eletrodomésticos avaliados nas residências se observa que:

1. O **chuveiro**, apontado como maior responsável pelo consumo de energia elétrica residencial no Brasil, não representa em todas as regiões a mesma relevância. Enquanto que nas regiões sul, sudeste e centro-oeste só ele consome aproximadamente 1/4 de toda energia elétrica, nas regiões norte e nordeste ele representa somente 9% e 2%, respectivamente;
2. A **geladeira**, em todas as regiões, está entre os três itens que mais consome;
3. A **climatização ambiental** causa o principal gasto de energia elétrica nos extremos norte e sul do país e está entre os quatro itens que mais consome em todas as regiões (11 a 40%);
4. A **iluminação**, em todas as regiões do Brasil, alterna entre a terceira e a quarta posição de maior parcela no consumo (8 a 19%);
5. O **televisor**, em todas as regiões do Brasil, alterna entre o quarto e o quinto lugar de maior parcela no consumo (7 a 11%);

6. O **freezer** (que apesar de ter um alto consumo, já não é mais tão utilizado nos lares brasileiros), ocupa o sexto lugar em todas as regiões brasileiras, exceto no norte que ocupa o quinto (4 a 7%);
7. O **aparelho de som** e o **ferro de passar roupa** representam um consumo muito próximo entre si (3 a 5% versus 2 a 3%, respectivamente), o que os deixa entre o sétimo e o oitavo lugar;
8. A **máquina de lavar-roupas** figura em último lugar em todas as regiões, sendo mais expressiva no sudeste e no centro-oeste, com apenas 1%.

Com base nessas constatações, pode-se concluir que esforços direcionados para um melhor aproveitamento / redução do consumo de energia elétrica e, dependendo do caso, específicos para cada região, tendem a trazer resultados mais satisfatórios do que se feitos com critérios empíricos.

Se a redução do consumo dos itens mais significativos for possível, os resultados tendem a ser mais expressivos do que se aplicados esforços na redução de consumo dos dispositivos que menos consomem, embora não sendo estes totalmente desprezíveis. Trata-se, portanto, apenas de uma maneira de se definir prioridades visando melhores resultados.

Percebe-se ainda certa correlação entre o aspecto climático e o consumo de energia elétrica residencial nas diferentes regiões brasileiras. Além do pouco utilizado freezer, o *chuveiro*, o *condicionamento ambiental* e a *geladeira*, os quais representam os três itens mais significativos no consumo elétrico residencial brasileiro, são evidentemente afetados por características climáticas. Por exemplo, com relação à região sul:

1) A água do chuveiro tem maior necessidade de ser aquecida do que ao norte do país;

2) Além dos invernos rigorosos há verões bastante quentes, o que faz com que os usuários utilizem energia tanto para aquecer quanto para resfriar os ambientes ao longo do ano;

3) A geladeira, por sua vez, pode ter o consumo reduzido em períodos de frio mais intenso.

Com base nisso, somando-se o consumo dos quatro itens mencionados, observa-se que de 64% (no sudeste) a 80% (no sul) do consumo de energia elétrica pode sofrer alguma influência de características climáticas, em especial a temperatura ambiente interna.

### 2.2.1.1.2. Água potável

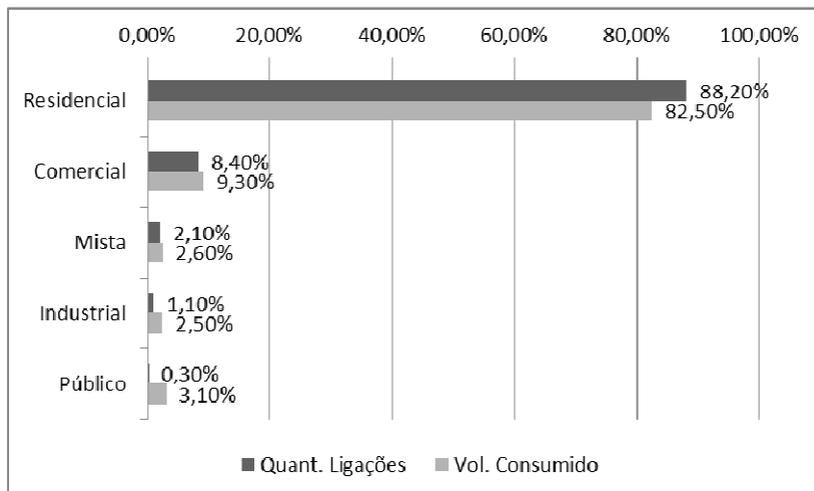
Frente à escassez de recursos naturais e ao crescimento da demanda por água, o gerenciamento adequado dos recursos hídricos deve incorporar os conceitos de conservação dos recursos hídricos (GALVÃO, 2007, p.27).

O consumo residencial de água depende de diversos fatores, dentre os quais podem ser agrupados nas seguintes categorias (TSUTIYA, 2006):

1. **Características físicas** (temperatura do ar, chuvas, etc.);
2. **Renda familiar;**
3. **Características da habitação** (área do terreno/construída, número de habitantes, etc.);
4. **Características do abastecimento de água** (pressão, qualidade, etc.);
5. **Forma de gerenciamento** do sistema de medição;
6. **Características culturais** da comunidade.

A demanda é afetada principalmente pelo preço, que causa uma relação inversamente proporcional no consumo doméstico de água (TSUTIYA, 2006).

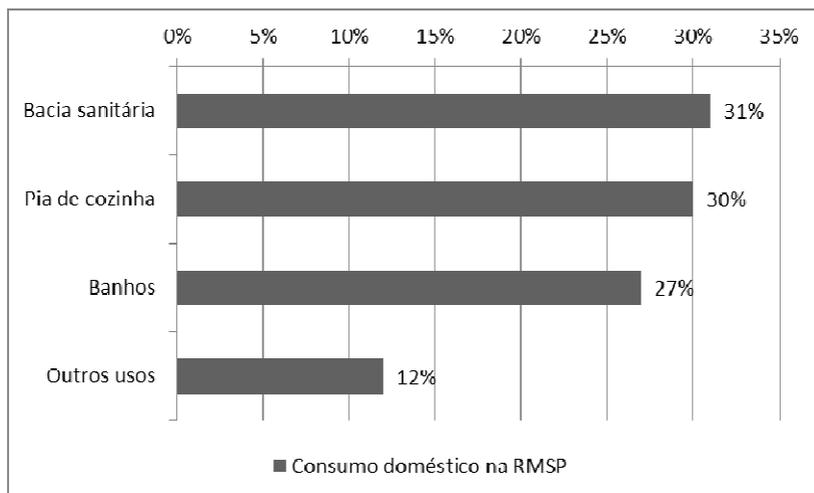
A título de exemplificação sobre a importância do consumo residencial de água potável, de acordo dados apresentados pela SABESP (2007 *apud* GALVÃO, 2007), a distribuição da quantidade de ligações na Rede Metropolitana de São Paulo (RMSP) conforme o tipo de uso e quanto ao volume consumido (medido) se dá conforme apresentado na Figura 5.



**Figura 5 - Distribuição da quantidade de ligações na RMSP conforme o tipo de uso e quanto ao volume consumido.**

Fonte: SABESP (SABESP, 2007 *apud* GALVÃO, 2007).

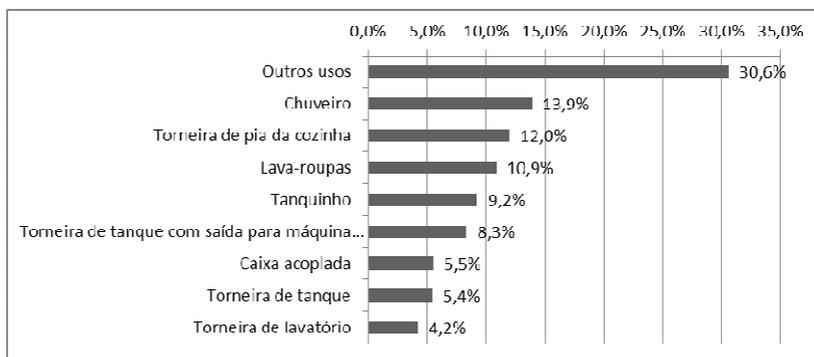
Em (YOSHIMOTO e SILVA, 2001 *apud* GALVÃO, 2007) é relatado ainda que, o consumo doméstico de água na RMSP se dá, de forma simplificada, como apresentado na Figura 6.



**Figura 6 - Consumo doméstico de água na RMSP.**

Fonte: (YOSHIMOTO e SILVA, 2001 *apud* GALVÃO, 2007).

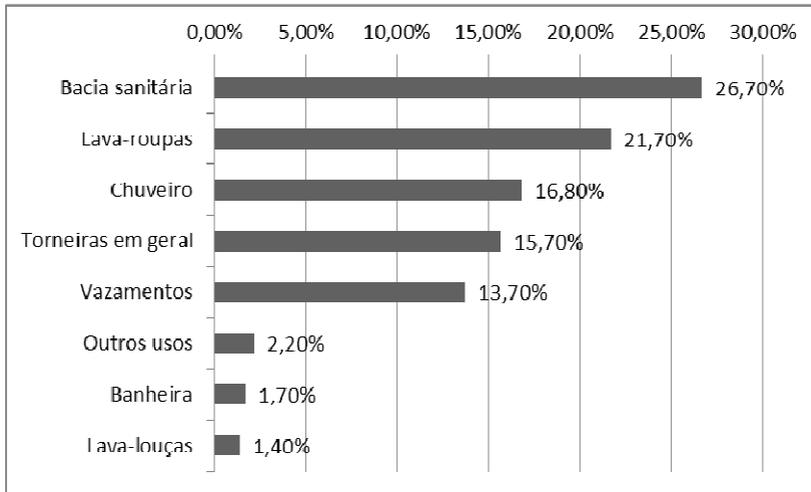
Já um estudo mais recente, em pesquisa realizada por Barreto (2008), o consumo residencial de água, observado em uma amostra de residências localizadas na zona oeste da cidade de São Paulo, é em média de **262,7 l/dia/pessoa** e se distribui de acordo com o gráfico apresentado na Figura 7.



**Figura 7 - Consumo de água detalhado.**

Fonte: (BARRETO, 2008).

A mesma pesquisa também mostrou que o uso de água se destaca, quanto ao horário de consumo, entre às 9 e às 14h e das 17 às 19h. Já em relação aos dias da semana, o consumo é um pouco mais acentuado na quarta e na sexta. Ainda no mesmo artigo são apresentadas informações de uma pesquisa realizada nos Estados Unidos (DEOREO, LANDER e MAYER, 1999 *apud* BARRETO, 2008), onde foram monitoradas 1.188 residências em 12 cidades durante aproximadamente dois anos, que apenas para fins de comparação e referência, são apresentados na Figura 8.



**Figura 8 - Consumo residencial de água nos Estados Unidos.**

Fonte: (DEOREO, LANDER e MAYER, 1999 *apud* BARRETO, 2008).

Se comparada a outras categorias, a residencial é a mais homogênea, apresentando variabilidade de consumo relativamente pequena (TSUTIYA, 2006). Todavia, de acordo com as informações obtidas na bibliografia utilizada, observa-se que há diferenças expressivas de consumo entre os mesmos itens avaliados em cada trabalho, mesmo em nível nacional. Isso sugere que mais pesquisas necessitam ser feitas para que sejam conhecidos, de forma mais apropriada, os consumos de água potável especialmente para a realidade brasileira. Entretanto, observa-se que em dois estudos, a bacia sanitária é apontada como o elemento que mais consome água (26,7 a 31%) e que o chuveiro está nos três estudos entre os itens que também mais consome água (13,9 a 27%).

### 2.2.1.1.3. Outros recursos

A partir das breves análises apresentadas anteriormente a respeito do uso residencial de energia elétrica e água potável, é possível constatar a necessidade de se conhecer detalhadamente as informações relacionadas a estes dois recursos importantes. De acordo com o exposto, observa-se que os consumos podem variar especialmente de acordo com os seguintes aspectos:

1. Localidade onde se encontra a residência;
2. Quantidade e eficiência de cada dispositivo instalado;
3. Poder aquisitivo dos usuários;
4. Hábitos de consumo dos usuários.

Além da energia elétrica e água potável, há ainda outros recursos importantes que podem ser utilizados em uma residência. Dentre eles podem ser destacados:

1. GLP (gás de cozinha);
2. Alimentos;
3. Informação (telefonias, dados, rádio, TV aberta, TV por assinatura, etc.).

Um conhecimento aprofundado sobre os recursos, de forma que possa compor uma BCR completa é, portanto, de grande utilidade para que a AR possa ser empregada adequadamente.

### **2.2.2. Eficiência em residências – Habitações de Alto Desempenho (HAD)**

Tão importante quanto o aspecto da sustentabilidade, a eficiência em residências, sobretudo energética (com destaque para a energia elétrica), também se constitui um desafio a ser superado na prática. Isso porque muitas formas de desperdício ainda são verificadas, mesmo já havendo tecnologia o bastante para reduzi-las.

O termo *high-performance building* tem recentemente se tornado popular como um sinônimo para *green building* nos Estados Unidos. [...] O projeto construtivo como um todo, ou integrado, considera local, energia, materiais, qualidade de ar interna, acústica e recursos naturais, assim como a sua inter-relação de uns com os outros. Nesse processo, uma equipe colaborativa de arquitetos, engenheiros, ocupantes da construção, proprietários e especialistas em qualidade de ar interna, materiais e eficiência de energia e água utilizam o *systems thinking* para considerar, holisticamente, a estrutura da construção e sistemas, examinando como eles trabalharão juntos da melhor forma para

economizar energia e reduzir o impacto ambiental. Um exemplo comum de *systems thinking* é a *advanced day-lighting strategy*, a qual reduz o uso de luminárias durante o dia, desse modo reduzindo o pico diário de cargas de refrigeração e justificando uma redução no tamanho do equipamento mecânico do sistema de refrigeração. Isso, por sua vez, resulta em gastos de capital reduzidos e custos de energia menores ao longo do tempo de vida da construção. (KILBERT, 2008, p.9).

Apesar do *systems thinking* ser comumente produto do trabalho de diversos profissionais, na prática, é o integrador de sistemas residenciais que irá viabilizar o seu funcionamento ao integrar os diversos sistemas presentes na HAD. Em virtude disso, o integrador precisa estar amplamente ciente a respeito da problemática que está lidando.

Já uma construção considerada energeticamente eficiente deve apresentar as seguintes características (MEIER *et al.*, 2002):

- Deve conter tecnologias (equipamentos e materiais) energeticamente eficientes que, quando operadas conforme projetadas, vão efetivamente reduzir o uso de energia;
- A construção deve fornecer facilidades e características apropriadas aos objetivos da construção;
- A construção deve ser operada de modo que seja eficiente.

Com base no exposto, observa-se que SARs possuem o devido potencial de favorecer o aspecto de eficiência, tanto no sentido geral quanto energético, desde que sejam devidamente preparados para tal.

#### 2.2.2.1. A importância das técnicas passivas e de sistemas para a eficiência

Da mesma forma que em uma indústria qualquer a implantação de automação por si só não resolve todos os problemas pré-existentes nos processos, uma residência necessita ser bem concebida para que um alto desempenho possa ser alcançado sob a gerência do SAR. Parte dessa concepção apropriada se apoia não só na adoção dos sistemas /

dispositivos adequados da residência, mas principalmente em como foi projetada a operação coordenada destes.

Uma classificação comumente feita entre técnicas e sistemas presentes em uma HAD os distingue entre *passivos* e *ativos*.

O **projeto passivo** é aquele em que os sistemas de aquecimento, refrigeração, ventilação e iluminação se apoiam em luz solar, vento, vegetação e outros recursos naturais que ocorrem no local da construção (KILBERT, 2008, p.167).

Exemplos de sistemas passivos são o HVAC natural (ventilação natural; aquecimento e refrigeração solar), sistema de isolamento térmico, sistema de iluminação solar, etc.

Apesar destes sistemas geralmente serem mais simples<sup>6</sup> que os ativos e possuem a característica de operar autonomamente (sem utilizar energia elétrica), não significa que seja desprezível algum nível de AR para aprimorar ainda mais o funcionamento destes (em detrimento de um gasto mínimo de energia). Para a ventilação natural, por exemplo, pode ser interessante o uso da informação da velocidade e da direção do vento bem como da temperatura interna e externa para que o SAR possa indicar ao usuário que abrir determinadas janelas irá trazer um resultado benéfico ao condicionamento ambiental. Janelas motorizadas poderiam ainda automatizar a tarefa, sendo neste caso conveniente a incorporação de informações relacionadas à segurança e de ocupação ambiental à lógica de comando, por exemplo.

Por outro lado, os **sistemas ativos** necessitam retirar de alguma fonte a energia que necessitam para o seu funcionamento (geralmente energia elétrica). Porém, em uma HAD, em virtude do baixo consumo desejado, são empregados sistemas ativos de alta eficiência, comumente sistemas modernos e sofisticados, muitos deles não muito comuns no mercado nacional no momento. Exemplos de equipamentos ativos de elevada eficiência são as bombas de calor, fogões de indução, iluminação LED, etc.

Assim, conhecer profundamente as diversas técnicas, dispositivos e sistemas comumente presentes em uma HAD (tais como sistemas de aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação, hidráulico, elétrico, etc.) resulta em um conhecimento que passará a ser chamado neste trabalho de *Base de Conhecimento sobre Dispositivos e Sistemas* (BCDS).

---

<sup>6</sup> Em termos de hardware. Porém os sistemas passivos são comumente bastante sofisticados em relação às técnicas que viabilizam o seu funcionamento.

### 2.2.2.2. Exemplo de residência eficiente: O projeto “Casa Eficiente”

O projeto *Casa Eficiente* (Figura 9), desenvolvido em uma parceria da Eletrosul<sup>7</sup> com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE<sup>8</sup>) da UFSC e a Eletrobras/Procel, trata-se de um exemplo local de um projeto de referência nacional que visa baixo impacto ambiental ao utilizar energia elétrica de forma eficiente. Entre outras características, a casa possui soluções integradas que visam conforto térmico e eficiência energética, como geração de energia fotovoltaica, condicionamento ambiental passivo e aquecimento solar de água. Quanto à água, são empregadas também técnicas de aproveitamento da água da chuva, reuso e emprego de dispositivos de baixo consumo (ELETROSUL, 2004).



**Figura 9 - O projeto "Casa Eficiente".**

Fonte: (ELETROSUL, 2004).

Para concluir a exposição realizada até agora de maneira distintiva entre E/S, observa-se que assim como de certa forma se pode

<sup>7</sup> Mais informações em <http://www.eletrosul.gov.br/home/index.php>.

<sup>8</sup> Mais informações em <http://www.labee.ufsc.br/>

associar o conceito de sustentabilidade ao uso correto de *recursos*, pode-se associar o conceito de eficiência (no contexto residencial) ao emprego adequado de *sistemas*.

Dessa forma, em termos mais filosóficos se pode considerar que o emprego de tecnologia visando eficiência viabiliza o uso apropriado dos recursos exigido pela sustentabilidade. Em outras palavras, eficiência e sustentabilidade são dificilmente dissociáveis ao se tratar de economia de recursos usados em uma residência.

### 2.2.3. Habitações Sustentáveis de Alto Desempenho (HSAD)

Da fusão conceitual de uma residência sustentável com uma residência eficiente se tem o que será chamado neste trabalho de uma Habitação Sustentável de Alto Desempenho (HSAD).

“*High-performance green buildings* casam as melhores características de métodos construtivos convencionais com abordagens emergentes de alta performance” (KILBERT, 2008, p.5).

Os sistemas naturais são os meios mais motivadores e subutilizados para a criação de uma *high-performance green building*. Com eles é possível obter sombreamento, refrigeração, utilizar a luz do sol para aquecimento, armazenar água da chuva, etc. Atualmente um alto nível de integração de sistemas naturais com o ambiente construído é apenas um conceito, mas os altos custos de energia vão motivar os projetistas a utilizá-los futuramente (KILBERT, 2008, p.157-158).

Ainda de acordo com Kilbert (2008, p.10), muitos estados norte-americanos tomaram a iniciativa em articular diretrizes para facilitar construções sustentáveis de alto desempenho. Para o *Pennsylvania Governor’s Green Government Council (GGGC)*, uma *High-Performance Green Building* apresenta, dentre outras, as seguintes características de interesse para este trabalho:

[...]

- Um projeto que conceitua um número de sistemas que, quando integrados, podem trazer eficiências em operação mecânica e desempenho humano;

[...]

- Uma construção que cria oportunidades para interação com o ambiente natural e remete a questões contextuais tais como clima, orientação e outras influências;

- Uma construção que usa recursos eficientemente e maximiza o uso de materiais construtivos locais; [...]
  - Uma construção que é eficiente em termos de recursos e energia;
  - Uma construção que pode ser facilmente reconfigurada e reutilizada;
  - Uma construção com ambientes internos saudáveis;
  - Um projeto que usa apropriadamente as tecnologias, incluindo produtos e sistemas naturais e de baixa tecnologia, antes de aplicar soluções complexas ou que demandam muitos recursos; [...]
  - Um projeto que educa usuários e ocupantes da construção com as filosofias, estratégias e controles inclusos no projeto, construção e manutenção do projeto.
- (KILBERT, 2008, p.11).

Condensando-as, observa-se que o SAR pode (e deve) favorecer a obtenção dos seguintes requisitos em uma HSAD:

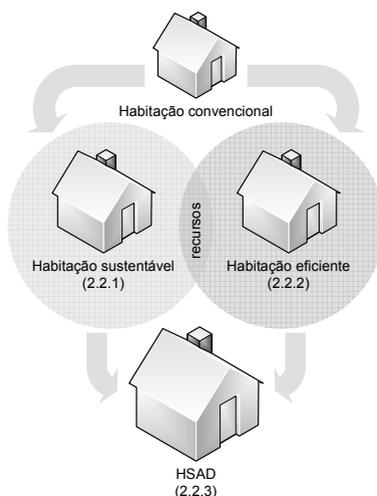
- Integração de sistemas;
- Eficiência em operação mecânica, desempenho humano e de uso de recursos;
- Integração ao ambiente onde a HSAD está inserida;
- Flexibilidade;
- Ambiente saudável;
- Emprego racional de tecnologia;
- Educação dos usuários.

De acordo com o exposto nesta seção (2.2.), observa-se que diante da reflexão a respeito das práticas de construção de habitações convencionais<sup>9</sup> surgiram preocupações que culminaram no desenvolvimento tanto de *habitações sustentáveis* (2.2.1) quanto de *habitações eficientes* (2.2.2). Por um lado, uma habitação considerada sustentável pode ser extremamente simples tecnologicamente e ineficiente sob alguns aspectos (como por exemplo, não contar com

---

<sup>9</sup> Convencional no sentido de não apresentar as características associadas aos conceitos de sustentabilidade e eficiência.

sistema de HVAC enquanto possui paredes de péssima isolamento térmica), mas mesmo assim se apresenta ecologicamente correta. Por outro lado, uma habitação dita eficiente pode necessitar de uma maior sofisticação e para isso, por exemplo, ter a necessidade de contar com isolantes térmicos e fluidos refrigerantes nocivos ao meio ambiente, deixando então a desejar sob o aspecto de sustentabilidade. Ainda, uma habitação estritamente eficiente sobre o ponto de vista energético pode apresentar desperdícios de água tratada, não reutilizar água da chuva, etc. Com isso, do aprimoramento e fusão de ambos os conceitos surge a HSAD (2.2.3), cuja contextualização pode ser compreendida na Figura 10.



**Figura 10 - Contextualização da HSAD.**

Fonte: do próprio autor.

Em qualquer um destes quatro “conceitos de habitação” apresentados pode ser desejável algum nível de AR. À medida que a residência se aproxima de uma HSAD, aumentam as oportunidades de que o SAR tenha uma melhor justificativa (mais valor agregado), ao mesmo tempo em que sua presença se torna mais crítica.

### 2.3. Estado da prática técnico sobre equipamentos para AR

Existem, na atualidade, diversos equipamentos e sistemas (compostos de hardware e software) que se destinam a propiciar algum nível de AR. Cada um deles possui suas vantagens / desvantagens<sup>10</sup> e seu grau de adequação a cada caso deve ser ponderado de acordo com critérios técnicos, financeiros, logísticos, mercadológicos, etc.

Sob o aspecto técnico, estas soluções podem ser diferenciadas de acordo com diversas características, dentre as quais podem ser destacadas:

1. **Complexidade:** estão disponíveis no mercado desde simples equipamentos que propiciam melhorias em instalações elétricas de iluminação até sistemas complexos com capacidade computacional, capazes de integrar praticamente todos os sistemas da casa, inclusive áudio e vídeo;
2. **Flexibilidade:** Há desde equipamentos de limitada flexibilidade, que geralmente desempenham sempre a mesma função; os sistemas com alguma capacidade configuração em suas propriedades e, também, sistemas que são amplamente programáveis e que podem atender a diversas necessidades, inclusive após sua instalação;
3. **Comunicabilidade:** Algumas soluções sequer necessitam a capacidade de troca de dados, enquanto outras podem realizá-la por meio de rede cabeada, via rede sem fios ou até mesmo pela rede elétrica de alimentação<sup>11</sup>;
4. **Expansibilidade:** Há soluções que dificilmente podem ser expandidas, enquanto em outras a limitação para expansões é tão improvável de ser atingida que não manifestam restrição real nesse sentido;
5. **Integrabilidade:** Geralmente como parte de estratégias de mercado, há desde sistemas que utilizam protocolos proprietários fechados, os quais restringem a integração com equipamentos de outros fabricantes, até os sistemas que possuem dispositivos que são produzidos por diversas empresas (comumente integrantes de uma

---

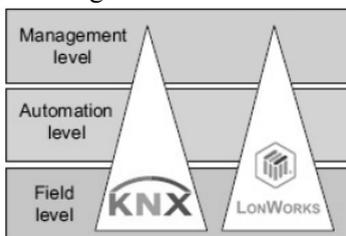
<sup>10</sup> Que não serão abordadas neste trabalho.

<sup>11</sup> Técnica conhecida como PLC, de **P**ower **L**ine **C**ommunications.

associação) as quais adotaram em seus equipamentos um protocolo de comunicação comum.

Frente às necessidades que os usuários demonstram e os requisitos que uma HSAD geralmente apresenta, o equipamento de AR a ser adotado tende a possuir um grau elevado quanto a cada característica apresentada anteriormente. Sendo assim, equipamentos muito simples e limitados dificilmente serão satisfatórios, o que irá fazer com que seja necessária a adoção de SARs com maiores capacidades técnicas.

No intuito de permitir uma visão geral de SARs<sup>12</sup> de padrão aberto<sup>13</sup> com ampla aceitação no mercado mundial (padrão *de facto*), a seguir será apresentada uma breve descrição dos sistemas KNX (Konnex) e LonWorks, mais expressivos na Europa e nos Estados Unidos, respectivamente. Além de serem de padrão aberto, ambos os sistemas tem seus produtos manufaturados por diversos fabricantes e propiciam soluções completas (*end-to-end*) para tratar a questão de AR, conforme representado na Figura 11.



**Figura 11 - KNX e LonWorks como soluções *end-to-end* para AR.**

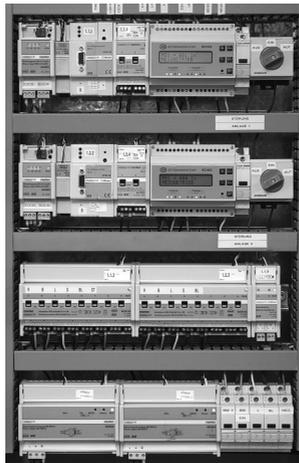
Fonte: adaptado de (FERREIRA *et al.*, 2010).

<sup>12</sup> Somente nessa ocorrência, SAR tem mais apropriadamente o sentido de “núcleo do SAR”, visto que são evidenciados essencialmente os módulos de controle do SAR (sem necessariamente a inclusão de sensores e atuadores).

<sup>13</sup> Também existem diversos sistemas proprietários com recursos avançados e eventualmente a um custo mais acessível do que os de sistemas abertos. Entretanto, apesar de algumas vantagens, as limitações que um sistema proprietário apresenta podem prejudicar sob diversas formas a utilização de um SAR em uma HSAD. Sendo assim, a opção por um sistema proprietário deve ser ponderada com um cuidado especial frente às necessidades encontradas em cada caso.

### 2.3.1. O sistema KNX

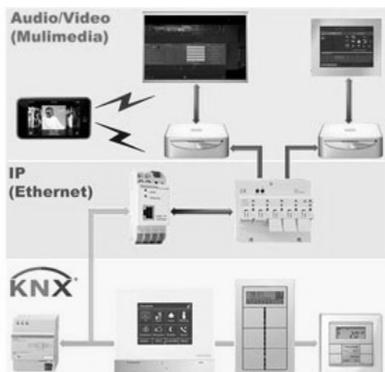
O KNX é um sistema adequado tanto para automação residencial (instalações pequenas) quanto para automação predial (instalações grandes), seja em construções novas ou já existentes. Trata-se de um padrão aberto, reconhecido como padrão internacional ISO/IEC 14543-3. Seus equipamentos são produzidos por mais de 100 empresas, tais como Schneider Electric, Hager, Siemens e ABB, que oferecem aproximadamente 7.000 produtos (Figura 12) compatíveis entre si (KNX, 2010).



**Figura 12 - Exemplo de quadro de comando composto por módulos KNX.**

Fonte: (KNX, 2010).

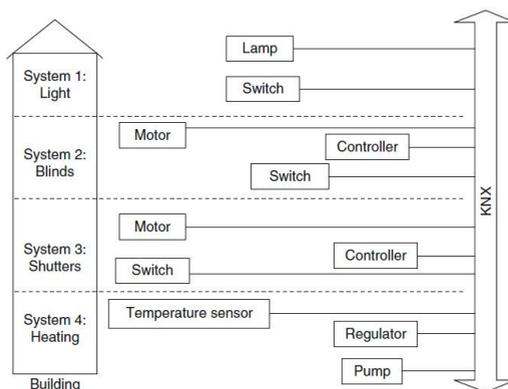
O KNX surgiu da fusão de outros três sistemas: EIB, EHS e BatiBUS. Seus módulos podem ser distribuídos em rede (Figura 13), a qual pode ser estabelecida por diversos meios de comunicação, tais como par trançado (9600 bits/s), radiofrequência (868 MHz / 16.384 kbit/s / 25 mW máx.), PLC (1200 bits/s) ou IP/Ethernet. Estes meios físicos podem ser utilizados facilmente em conjunto via *media couplers* (KNX, 2010).



**Figura 13 - Exemplo de interconexão entre módulos KNX via diferentes meios físicos.**

Fonte: (KNX, 2010).

Os equipamentos de rede podem ser sensores ou atuadores que gerenciam equipamentos tais como iluminação, persianas, sistemas de segurança, gerenciamento de energia, HVAC, sistemas de monitoramento, áudio e vídeo, eletrodomésticos, etc. (Figura 14). Os dispositivos KNX representam mais de 80% dos equipamentos de automação residencial e predial vendidos na Europa (KNX, 2010).

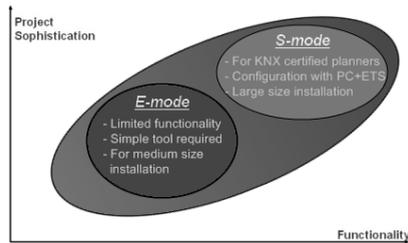


**Figura 14 - Controle predial realizado com KNX.**

Fonte: (MERZ *et al.*, 2009).

Dentre as principais vantagens do sistema, podem ser destacadas as seguintes (KNX, 2010):

1. Graças à certificação dos produtos, a interoperabilidade<sup>14</sup> entre eles é garantida, tanto em nível de fabricantes quanto em nível de campos de aplicação;
2. É utilizada uma única ferramenta de software (*Engineering Tool Software - ETS*), independente de fabricante, que permite o planejamento, a engenharia e a configuração de todos os produtos certificados;
3. O sistema permite diferentes modos de configuração (Figura 15): *Easy installation (E-mode)*, realizada sem computador, porém os produtos normalmente apresentam uma funcionalidade limitada; e *System installation (S-mode)*, realizada com a ferramenta ETS, sendo voltada a profissionais treinados;



**Figura 15 - Modos de configuração do sistema KNX.**

Fonte: (KNX, 2010).

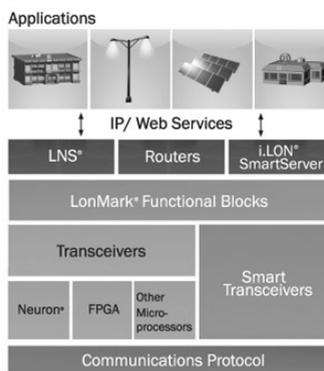
4. Graças a *gateways*, o KNX pode se integrado a outras redes, sejam estas de AR, de telefonia, de multimídia, IP, etc.;
5. O KNX é independente de qualquer tecnologia de hardware ou software, podendo ser implementado em qualquer plataforma de microprocessador.

Entretanto os custos dos produtos KNX são bem mais elevados dos que os utilizados em instalações convencionais e, geralmente, o investimento só é justificável quando vários sistemas precisam ser interconectados ou a instalação precisa ser flexível o suficiente quanto a quaisquer alterações futuras em termos de requisitos ou de uso (MERZ *et al.*, 2009).

<sup>14</sup> Definido pela própria fonte como: “Situação onde os produtos enviando e recebendo mensagens podem compreender adequadamente os sinais e reagir a eles sem equipamento adicional”.

### 2.3.2. O sistema LonWorks

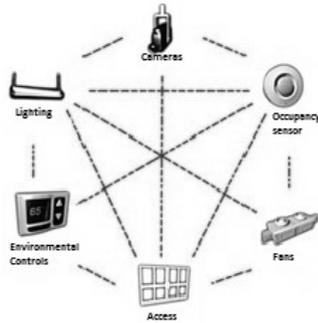
O LonWorks não é apenas um protocolo ou camada física (como o Zigbee). Trata-se de uma plataforma de tecnologia de rede de controle (Figura 16), pois contém todos os elementos para projetar, instalar e gerenciar o controle e o monitoramento de soluções (ECHELON, 2010).



**Figura 16 - Plataforma LonWorks.**

Fonte: (ECHELON, 2010).

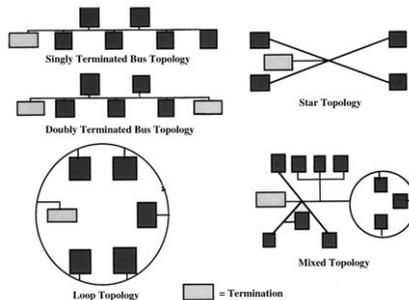
O protocolo originalmente utilizado em redes LonWorks, o LonTalk, foi criado pela empresa Echelon. Em 2009 o protocolo se transformou em um padrão aberto internacional, sendo formalmente conhecido por ISO/IEC 14908-1. Com ele é possível que um programa aplicativo troque mensagens diretamente com outros dispositivos de rede (de forma *peer-to-peer*, por exemplo) (ECHELON, 2010), conforme indicado na Figura 17.



**Figura 17 - Representação da característica *peer-to-peer* do sistema LonWorks.**

Fonte: (ECHELON, 2010).

O protocolo permite que sejam adicionadas funcionalidades como confirmação (*acknowledgement*), autenticação e prioridade às mensagens. São disponibilizados serviços bastante úteis de rede, tais como *download*, *start*, *stop* e *reset* de programas nos módulos, além de diagnóstico de problemas de rede. O ISO/IEC 14908-1 pode ser implementado em diversos meios, tais como par-trançado, PLC, radiofrequência, infravermelho, cabo coaxial e fibra óptica. Também pode ser utilizada uma rede IP, cujo mecanismo é padronizado pela norma ISO/IEC 14908-4, também conhecida como IP-852. A tecnologia de par-trançado utilizada pelo sistema LonWorks permite que seja adotada uma topologia livre: *star*, *bus*, *daisy-chain*, *loop*, ou até mesmo uma combinação entre elas (ECHELON, 2010). Uma representação gráfica destas topologias pode ser visualizada na Figura 18.



**Figura 18 - Topologias típicas de cabeamento suportadas no meio físico par-trançado em redes LonWorks.**

Fonte: (ECHELON, 2010).

O sistema LonWorks possui um campo de aplicação bastante versátil, cujo número de dispositivos pode chegar até 32.000 em uma rede, sendo empregada não apenas de residências a “arranha-céus”, mas em supermercados, plataformas de petróleo, aviões e vagões. A interoperabilidade entre os dispositivos produzidos por diversos fabricantes é gerenciada pela LonMark International (ECHELON, 2010).

A LonMark International possui cerca de 70 empresas fabricantes de equipamentos ao redor do mundo, tais como ABB, Loytec, TAC e Samsung, sendo que mais de 4.000 produtos certificados estão disponíveis para serem utilizados em redes LonWorks (LONMARK, 2010).

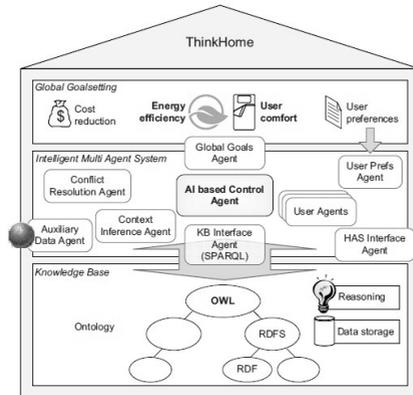
“Com milhares de desenvolvedores e milhões de dispositivos espalhados pelo mundo, o sistema Lonworks é a principal solução de automação residencial” (BOLZANI, 2004, p.180).

A adoção de SARs de padrão aberto, tais como os sistemas KNX e LonWorks, está em concordância com o conceito de sustentabilidade, pois graças à capacidade de facilmente se poder expandir e aprimorar tecnologicamente o sistema, diminui-se a chance de que um SAR tenha que sofrer um processo completo de *retrofitting* no futuro, demandando a compra de novos equipamentos.

“Um sistema de automação predial sustentável é atingido com considerações iniciais de projeto que incluem o uso de protocolos abertos, ferramentas de gerenciamento de redes padronizadas e acesso aberto a produto e treinamento (WINKELMAN, 2009)”.

## 2.4. SARs voltados à sustentabilidade e gestão energética

Um exemplo de utilização de SAR que segundo seus autores foi concebido para favorecer a sustentabilidade se trata do projeto *ThinkHome* (VAZQUEZ e KASTNER, 2010). A casa é considerada um ecossistema digital, onde IA e um SMA são utilizados pra tratar questões de consciência de contexto, resolução de conflitos e autoaprendizado (Figura 19). As metas se tratam de melhorar aspectos de conforto e economia de energia, buscando obter um bom equilíbrio entre elas. Os autores apresentam um exemplo do sistema para o controle de temperatura.

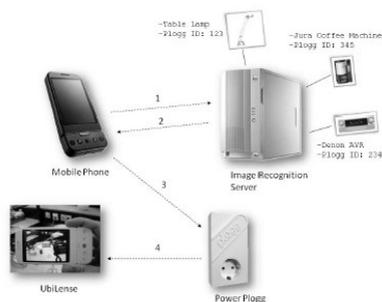


**Figura 19 - Componentes do sistema *ThinkHome*.**

Fonte: (VAZQUEZ e KASTNER, 2010).

Trata-se de uma abordagem interessante, visto que se observa que é uma tendência natural de que os SARs sejam dotados cada vez mais de inteligência. Entretanto, percebe-se que grande enfoque do trabalho foi dado ao emprego de tecnologia avançada, sendo a sustentabilidade um resultante desejado. Observa-se também que a ausência de um processo metodológico que preceda o uso de técnicas sofisticadas de IA pode prejudicar permanentemente uma implementação real. Abordagens mais simples e viáveis, aliadas ao projeto integrado, podem trazer resultados igualmente significativos anteriormente ao emprego excessivo de tecnologia.

Já os trabalhos que abordam a utilização de SARs para tratar da questão de gestão (eficiência) energética são mais comuns na literatura. Dentre os mais recentes, um dos trabalhos utiliza o monitoramento de *plugs* elétricos dotados de capacidade de comunicação sem fio para enviar as informações de consumo do dispositivo conectado (JAHN *et al.*, 2010). Juntamente com os dados de outros dispositivos e a combinação com outras informações, como o valor da energia elétrica naquele momento, o uso de todos dispositivos elétricos pode ser gerenciado de uma forma mais apropriada (Figura 20). Abordagem semelhante verificada em outros trabalhos, como em CHUN-YU *et al.* (2009).



UbiLens architecture: Mobile phone sends camera image to image recognition server (1). Server returns name and associated Plug ID of the recognized object (2). Mobile phone requests current energy consumption from associated Plug (3) and visualizes (4).

**Figura 20 - Exemplo de SAR utilizado no monitoramento de energia elétrica.**

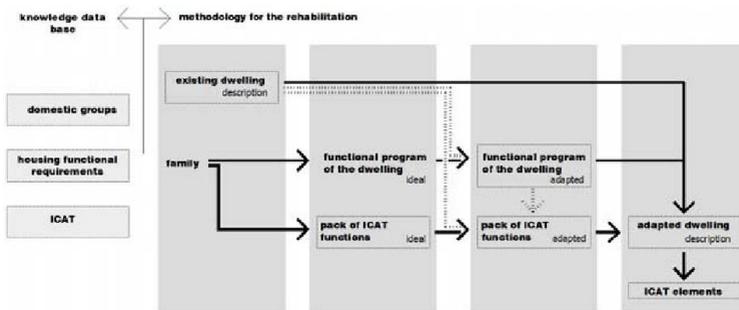
Fonte: (JAHN *et al.*, 2010).

## 2.5. Metodologias para implantação de SARs

Um dos trabalhos desenvolvidos com esta temática propõe uma metodologia para integração de ICATs (*Information, Communication and Automation Technologies*) em reabilitação residencial (*retrofitting*). Esta metodologia basicamente leva em consideração os perfis dos moradores e da casa, bem como as restrições desta, e conduz à geração de um projeto contendo os elementos de ICAT necessários (ELOY *et al.*, 2010). A mesma é composta de quatro passos (Figura 21):

O primeiro passo consiste na obtenção dos dados necessários para o processo de reabilitação: o perfil dos futuros moradores e uma descrição da construção existente. No segundo passo o perfil familiar é usado para elaborar o programa funcional ideal da residência, assim como o conjunto ideal de funções de ICAT. O conjunto ideal de funções de ICAT é uma descrição de um conjunto ideal de sistemas e funções que corresponde a um dado perfil familiar. Esse conjunto de ICAT não é limitado a nenhuma restrição morfológica ou construtiva. Similarmente, o programa funcional ideal é uma descrição da solução de habitação ideal para aquela família com relação a espaços, ambientes e relações topológicas entre elas. No terceiro passo, a construção existente, o programa funcional e o

conjunto ideal de ICAT são usados para gerar uma descrição de uma solução compromissada ou adaptada baseada na residência existente. Desde que a solução é condicionada à estrutura morfológica existente, um terceiro passo é necessário para transformar a descrição de uma solução ideal numa descrição de uma solução adaptada. Finalmente, da descrição da residência adaptada é obtido o layout da solução-projeto para aquela família naquela residência, a qual inclui os componentes de ICAT necessários na residência. (ELOY *et al.*, 2010, p.3-4).



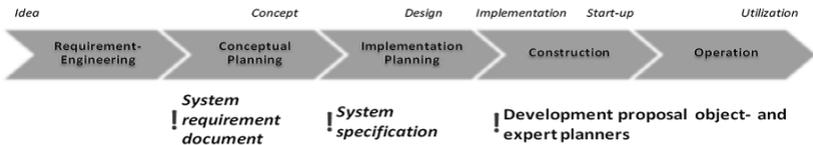
**Figura 21 - Passos básicos da metodologia proposta por ELOY *et al.***

Fonte: (ELOY *et al.*, 2010).

Esta proposta evidencia a necessidade de se adotar uma metodologia e de se utilizar tanto informações sobre usuários quanto a respeito da residência. Para o apoio ao uso da metodologia, bases de conhecimento foram empregadas. Além disso, observa-se que esta proposta também permite que seus passos possam ser executados com o auxílio de alguma ferramenta computacional. Entretanto, como se trata de uma metodologia para *retrofitting*, onde certas alterações físicas na habitação não são tão simples quando em fase de projeto, não foi prevista a possibilidade de múltiplas iterações, onde a “instância casa” possa ser alterada para que sejam gerados novos resultados. Além disso, aspectos relacionados à E/S não foram considerados.

Outro trabalho relevante nesta área caracteriza o estado da arte sobre o processo de engenharia de sistemas de automação prediais (RUNDE *et al.*, 2010). Os autores destacam que na prática atualmente há uma total falta de procedimentos metodológicos, especialmente

durante as primeiras fases de engenharia, o que acaba por prejudicar o desempenho global da construção. Para abordar o problema é proposta uma abordagem de Engenharia Integrada aliada ao uso de um Software de Assistência de Base de Conhecimento. O processo proposto é apresentado na Figura 22.



**Figura 22 - Processo de engenharia para uma abordagem integrada.**

Fonte: (RUNDE *et al.*, 2010).

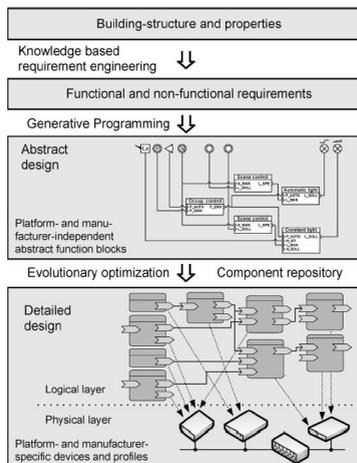
A primeira etapa consiste na documentação precisa dos requisitos. A fase seguinte utiliza estes requisitos para criar o conceito geral do projeto, que gera o documento “*System requirement document*”. Este documento contém **o que** deve ser projetado e **com qual objetivo**, que quando aprovado pelo proprietário da construção, é dado início ao desenvolvimento do plano geral na próxima fase. O resultado desta etapa é o documento “*System specification*”, que contém **como e com que meios** os requisitos serão atendidos.

Já a base de conhecimento contém a descrição do conhecimento para a engenharia de requisitos. O conhecimento é dividido em classes, fatos e regras. A descrição dos artefatos e a causalidade entre eles são definidas por classes. Fatos são derivados das classes e representam o conhecimento específico do projeto. As regras são aplicadas aos fatos, com as classes sendo levadas em consideração. Tais regras descrevem atividades e possuem como consequência um efeito (um novo conhecimento ou uma atividade).

Esta proposta destacou duas das maiores necessidades verificadas na prática: o projeto integrado e a utilização de um conhecimento já sistematizado. Entretanto a base de conhecimento é utilizada essencialmente para auxiliar na identificação dos requisitos, e não ao longo de todo processo de engenharia em si. Além disso, esta proposta é voltada para aplicações prediais, sendo então necessárias adaptações para a aplicação no âmbito residencial. Aspectos de sustentabilidade e eficiência são considerados apenas no exemplo dado, não sendo, portanto, intrínsecos à proposta.

Já uma proposta para realizar de forma automática a seleção de dispositivos, avaliação de interoperabilidade e a composição de grandes sistemas de automação predial trata-se do projeto AUTEG (Automated Design for Building Automation) (DIBOWSKI *et al.*, 2010). Segundo os autores, abordagens automatizadas usadas em projeto de circuitos, em engenharia de software e em serviços web não são aplicáveis diretamente para o caso de sistemas de automação predial.

A proposta se constitui nos seguintes passos (Figura 23): partindo-se das informações estruturais do prédio, por meio do uso de engenharia de requisitos baseada em conhecimento, são obtidos os requisitos funcionais e não funcionais do sistema de automação. A partir de então, as demais fases ocorrem automaticamente. Por meio de programação generativa é obtido o projeto abstrato, que é independente de plataforma / fabricante. Nesse ponto, por meio de otimização evolucionária aliada ao uso de repositório de componentes (contendo descrições semânticas), é obtido o projeto detalhado em nível lógico e físico, os quais são específicos para uma dada plataforma/fabricante.



**Figura 23 - Sequência do projeto automatizado.**

Fonte: (DIBOWSKI *et al.*, 2010).

A proposta apresentada aparentemente é capaz de reduzir significativamente a tarefa repetitiva de projeto do sistema de automação comumente presente em grandes construções. Ela apresenta um alto grau de sofisticação, pois utiliza vários padrões, ferramentas e técnicas computacionais combinadas (ontologias, algoritmos

evolucionários, etc.) para que a tarefa de projeto possa ser realizada de maneira automática para diferentes sistemas de automação comerciais.

Entretanto, aspectos de E/S não foram considerados como elementos de tomada de decisão para a ferramenta. Além disso, não foi mencionada se a intervenção humana somente no começo e no final do processo pode de alguma forma prejudicar a qualidade da solução final.

A Tabela 1 apresenta um comparativo entre as três metodologias apresentadas nesta seção (2.5.) com relação a alguns aspectos de relevância para este trabalho.

**Tabela 1 - Comparativo entre metodologias.**

	(ELOY et al., 2010)	(RUNDE et al., 2010)	(DIBOWSKI et al., 2010)
Aplicabilidade	habitação pronta	fase de projeto	fase de projeto
Grau de automação do processo	médio	médio/alto	alto
Adequabilidade	residencial	predial	predial
Considera sustentabilidade?	não	somente no exemplo	não
Considera eficiência?	não	somente no exemplo	não
Utiliza BC?	sim	sim	sim

Diante das propostas apresentadas, observa-se que em todas há um encadeamento lógico e formalizado que visa conduzir as etapas de projeto do sistema de automação. Além disso, em maior ou menor grau, o auxílio computacional é viável em todas elas. Também se verifica nas propostas apresentadas o uso das características das construções como elementos de base do projeto, sendo que Eloy *et al.* (2010) também usa informações sobre os usuários como elemento de tomada de decisão.

Diante da sua importância, bases de conhecimento são empregadas nos três trabalhos. Entretanto, Runde *et al.* (2010) e Dibowski *et al.* (2010) são propostas voltadas ao contexto predial, que não apresenta as particularidades encontradas no contexto residencial.

Além disso, dentre estas propostas somente Runde *et al.* (2010) considerou aspectos de E/S, mas apenas no exemplo apresentado. Portanto nenhuma destas propostas apresenta uma preocupação intrínseca à metodologia de projeto utilizada quanto a aspectos de E/S.

Para finalizar, nenhuma dessas propostas trata especificamente do projeto de sistemas de automação para HSADs ou *High-performance (green) buildings*.



### 3. METODOLOGIA PROPOSTA

Para viabilizar uma abordagem apropriada do problema apresentado no Capítulo 1, foi identificada a necessidade inicial da identificação das *diretrizes* relacionadas à temática deste trabalho, as quais são apresentadas a seguir.

#### 3.1. Diretrizes

As diretrizes são os elementos “macro” que visam guiar as ações e os resultados provenientes da metodologia proposta. Podem ser interpretadas como requisitos gerais, dentre as quais podem ser destacadas:

1. Contribuir no aproveitamento sustentável dos recursos gratuitos providos pelo meio-ambiente;
2. Conceber o SAR como um sistema complementar e integrado ao natural / passivo;
3. Permitir amplo acesso às informações residenciais.

#### **3.1.1. Contribuir no aproveitamento sustentável dos recursos gratuitos providos pelo meio-ambiente**

Observa-se que uma das maneiras para se reduzir o consumo de recursos se trata do aproveitamento apropriado dos recursos que o meio-ambiente oferece, mas sem que isso venha a causar impactos negativos.

A título de exemplificação, dentre as técnicas que possuem maior relação com AR podem ser citadas:

1. Ventilação natural;
2. Aquecimento e refrigeração obtidos de maneira natural;
3. Iluminação natural (luz solar);
4. Utilização de água da chuva;
5. Geração local de energia elétrica através de recursos renováveis;
  - a. Energia fotovoltaica;
  - b. Energia eólica.

Como mencionado no Capítulo 2, o fato de se usar recursos renováveis e/ou sistemas com funcionamento essencialmente passivo não significa que não seja necessário algum nível de AR. Esta pode ser necessária tanto para o simples conhecimento de informações como para processá-las e comandar atuadores.

Dessa forma, o SAR passa a ser um dos elementos que contribui para que uma HSAD esteja em concordância e bem adaptada com o ambiente em que se encontra, pois já na fase de concepção do SAR se busca causar os menores impactos negativos possíveis ao meio-ambiente do sistema resultante (residência).

### **3.1.2. Conceber o SAR como um sistema complementar e integrado ao natural/passivo**

Ao se utilizar AR em uma HSAD, deve-se ter o devido cuidado para aplicar a tecnologia racionalmente. Isso porque, caso mal empregada, a tecnologia irá gerar gastos financeiros supérfluos em aquisição, instalação, operação e manutenção que muitas vezes irão ainda ter desdobramentos negativos aos elevados níveis de eficiência e sustentabilidade desejados. Tendo-se estas considerações em mente, observa-se que o projeto de AR deve buscar inicialmente auxiliar os sistemas naturais / passivos, caso necessário, antes que seja empregada uma abordagem de “*força-bruta*”, utilizando-se sistemas ativos.

Sobre esse aspecto, a operação (programação) do SAR em situações residenciais cotidianas pode ser ponderada de acordo com a seguinte linha de raciocínio:

- a) Se o comportamento totalmente passivo e natural de uma determinada funcionalidade ou sistema não for satisfatório, o usuário pode realizar as interações necessárias de acordo com a sua própria percepção e livre-arbítrio;
- b) Se o usuário não interagir ou interagir de forma inapropriada, o SAR pode selecionar e indicar ao usuário as devidas ações a serem tomadas quanto ao uso de procedimentos passivos;
- c) Se mesmo assim o usuário não interagir ou interagir de forma inapropriada<sup>15</sup>, o SAR pode auxiliar os sistemas

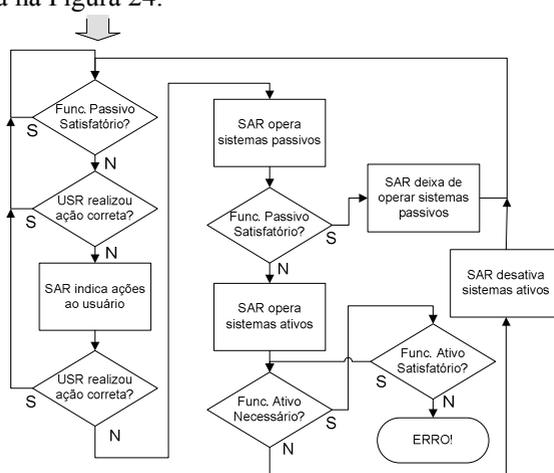
---

<sup>15</sup> De acordo com a programação realizada no SAR, especialmente em situações mais críticas.

passivos / naturais por meio de atuadores, quando possível e se desejável;

- d) Se a interação realizada com os sistemas passivos / naturais, seja por parte do usuário ou realizada automaticamente pelo SAR não for suficiente, então este dará início ao uso dos sistemas ativos, mantendo sua operação enquanto houver necessidade.

Uma representação esquemática desse procedimento é apresentada na Figura 24.



**Figura 24 - O SAR como um sistema complementar ao passivo.**

Considere-se um exemplo para o caso da iluminação. Suponha-se que para um dado ambiente está definido um nível de iluminação mínimo e que a luz natural o esteja atendendo perfeitamente. Passado algum tempo, a luz se torna insuficiente e o usuário não abre persianas manualmente para aumentar a incidência solar. O SAR então indica que esta operação seria benéfica, mas digamos que mesmo assim o usuário não toma atitude alguma. Passado algum tempo, o SAR então abre persianas automatizadas, mas suponha-se que na abertura máxima o nível desejado de iluminação ainda não foi atingido. Só então o sistema

de iluminação é dimerizado para suprir o que não foi possível obter de forma natural<sup>16</sup>.

### 3.1.3. Permitir amplo acesso às informações residenciais

Seguindo-se da abordagem do item 3.1.2, em algumas circunstâncias o comportamento proativo do usuário tende a auxiliar a característica de sustentabilidade de uma HSAD.

Por exemplo: o usuário percebe que as condições externas estão agradáveis (temperatura e vento) e decide abrir algumas janelas manualmente. Com isso o SAR não necessita utilizar energia para abrir janelas motorizadas (caso esta funcionalidade estivesse disponível) ou utilizar o sistema de HVAC.

Entretanto, as ações do usuário podem em certas circunstâncias prejudicar o comportamento de alta eficiência da HSAD, o que consequentemente prejudica o comportamento eficiente / sustentável. Tal situação poderia ocorrer, por exemplo, se o usuário abrir a janela de um dado ambiente que já estivesse climatizado apropriadamente. Dessa forma, um amplo conhecimento de informações e a utilização apropriada destas são de grande utilidade a uma HSAD.

Uma HSAD está repleta de informações. As que por ventura sejam consideradas inúteis para uma dada residência, podem ser cruciais para a obtenção da eficiência e da sustentabilidade em outra. Entretanto, há também informações que comumente são relevantes em qualquer caso.

Por exemplo, o monitoramento inteligente de energia elétrica reduz o tempo de reposta entre o consumo e o conhecimento da fatura, sendo assim possível deixar o usuário ciente a respeito do consumo de energia (JAHN *et al.*, 2010). A análise a seguir busca elucidar o pensamento geral seguido para tratar a questão.

#### 3.1.3.1. Quais informações obter / utilizar e por quê?

Conforme foi possível se observar na breve análise sobre recursos apresentada no Capítulo 2, há claramente sistemas e dispositivos mais

---

<sup>16</sup> Diante desse cenário percebe-se a importância de que seja possível a operação manual e automática de certas funcionalidades / dispositivos, como é o caso da iluminação / persiana. Normalmente os equipamentos não permitem ambas as possibilidades (o que se acredita ser o ideal), sendo possível então em alguns casos contornar o problema combinando a instalação equipamentos de operação automática e manual (ex.: janela “a” com persiana manual, janela “b” com persiana motorizada, etc.).

significativos do que outros pelo fato destes causarem maiores impactos negativos ao meio ambiente em virtude do elevado consumo de recursos não renováveis que apresentam. Como muitos desses recursos são fornecidos por serviços pagos, conseqüentemente eles também são mais significativos sob o aspecto financeiro. Dessa forma, um SAR concebido para o conhecimento de informações direcionadas, aliado ao correto gerenciamento e integração das diversas funcionalidades entre os sistemas, permite que resultados expressivos sejam obtidos com uma chance menor de que investimentos em tecnologia sejam mal empregados, seja em “alvos” inadequados / desnecessários, seja aquém ou além das necessidades.

Verifica-se que as principais fontes de informação de um SAR são:

1. Os **próprios usuários**, os quais podem inserir / transmitir informações ao SAR;
2. Aquelas obtidas automaticamente pelo próprio SAR, com o auxílio de **sensores**;
3. Aquelas recebidas automaticamente pelo SAR de **fontes externas**, graças ao uso de algum meio de comunicação.

A título de exemplificação, utilizar-se-á a questão do conhecimento preciso dos usos de água potável em uma residência. Para que essa medição seja feita, podem ser instalados sensores de vazão que estejam conectados ao SAR. Entretanto, surgem algumas questões como:

1. Somente um sensor que meça o consumo total é suficiente? Ele é útil?
2. Colocar sensores em todos os pontos de uso de água é viável? É necessário? É sustentável?

Para responder a essas indagações, segue-se com a seguinte análise:

O conhecimento do consumo geral de um recurso, que neste exemplo se trata da água potável, é de grande utilidade. Caso instalado<sup>17</sup> um único sensor que meça o consumo geral, é possível se obter diretamente uma visão global e instantânea sobre a utilização de água potável. A partir dessa informação, o SAR pode ser concebido para

---

<sup>17</sup> A instalação desse sensor deve ser feita preferencialmente após elementos que tragam algum atraso temporal nas medições (elementos que apresentem vazão na saída ≠ vazão na entrada), tais como sistemas de pressurização ou caixas d'água. Este cuidado deve ser tomado para que o valor medido corresponda ao momento da utilização.

utilizá-la de diversas formas (e.g., exibir relatórios diários de consumo em função do horário, exibir o valor aproximado da fatura mensal contabilizado até o momento, dentre outros.). Especificamente nesse caso, esta mesma informação sobre o consumo geral pode ser muito útil em pelo menos dois tipos de testes de interesse a uma HSAD: *perdas (vazamentos)* e *consumo individual*.

Para proceder com um **teste de perdas**, bastaria se interromper o uso de todos os pontos de água. A partir de então, deve-se monitorar a informação do sensor por um determinado tempo para que seja determinada de forma clara a inexistência ou a presença de vazamentos (sendo possível identificar em que proporções estes ocorrem).

Já o **teste de consumo individual** poderia ser feito com a interrupção de todos os pontos de uso de água, exceto o item a ser avaliado, cuja medição será feita durante um determinado intervalo de tempo (10 s, 1 min, um ciclo completo, etc.).

Boa parte destes testes pode ser executada automaticamente pelo próprio SAR, bastando apenas que os usuários se mantenham fora de casa o tempo necessário (para garantir ausência de interferência nas medições), podendo chegar a serem diários caso o comportamento dos usuários assim permitisse.

Para o caso de sistemas hidráulicos compostos de redes de água quente e fria, dependendo do caso, pode ser mais conveniente a utilização de dois sensores de vazão (um em cada rede) em vez de um para se obter informações mais detalhadas.

Já a instalação de sensores específicos (para medição individual) pode ser justificada em pontos de maior utilização de água, como é o caso do chuveiro. Entretanto, a instalação de sensores individuais em todos os pontos de consumo de água de uma residência dependeria basicamente da utilidade (que em alguns casos pode ser dificilmente justificável) de que o conhecimento daquela informação teria em relação ao investimento necessário para a sua obtenção.

Desta forma, a determinação de quais informações devem ser obtidas necessita ser ponderada com uma análise que envolva critérios econômicos, de utilidade e de viabilidade, entre outros.

### 3.1.3.2. Emprego racional de sensores

Complementando a linha de raciocínio descrita anteriormente, ao se levar em consideração o caráter de integração entre sistemas que um SAR proporciona e as diversas finalidades a que podem ser

encaminhados os dados obtidos, dentre as diversas informações presentes em uma HSAD podem ser evidenciadas as relacionadas aos seguintes sistemas:

1. Sistema hidráulico (água quente e fria);
  - a. Temperatura da água;
  - b. Vazão / consumo total da água;
  - c. Vazões / consumos específicos de água.
2. Sistema elétrico;
  - a. Geração do sistema fotovoltaico;
  - b. Balanço energético com relação à rede de distribuição de energia elétrica (geração local – consumo local);
  - c. Consumo total;
  - d. Consumo de dispositivos específicos.
3. Sistema de HVAC;
  - a. Temperatura do ar;
  - b. Umidade do ar;
  - c. Vazão de renovação;
  - d. Qualidade do ar (CO<sub>2</sub>, gases voláteis, poluentes, etc.);
  - e. Velocidade e direção do vento;
  - f. Intensidade da radiação solar;
  - g. Estado das aberturas (portas, janelas, etc.).
4. Sistema de iluminação e sombreamento;
  - a. Intensidade da radiação solar;
  - b. Nível de iluminação interna dos ambientes;
  - c. Detecção de presença de pessoas nos ambientes.
5. Sistema fotovoltaico;
  - a. Intensidade da radiação solar;
  - b. Velocidade do vento;
  - c. Geração do sistema fotovoltaico.
6. Sistema de segurança (pessoal e patrimonial);
  - a. Detecção de pessoas nos ambientes;
  - b. Estado das aberturas (portas, janelas, etc.).

De acordo com o exemplificado, percebe-se que diversas informações podem ser úteis para vários sistemas. Nesse sentido a

Tabela 2 apresenta exemplos de correlações observadas para um dado conjunto de funcionalidades especificadas para um caso hipotético.

**Tabela 2 - Exemplo de correlação entre informações provenientes de sensores e uso por diversos sistemas.**

Informações x Sistemas	Hidráulico	Elétrico	HVAC	Ilum. e sombr.	Fotovoltaico	Segurança
Temperatura da água	x					x
Vazão/consumo total de água	x					x
Vazões/consumos específicos de água	x					
Geração do sistema fotovoltaico		x			x	
Balanco energético		x				
Consumo total de energia elétrica		x				x
Consumo específico de energia elétrica		x	x			
Temperatura do ar			x			x
Umidade do ar			x			
Qualidade do ar			x			x
Intensidade do vento			x	x	x	x
Direção do vento			x			
Estado das aberturas			x	x		x
Intensidade da radiação solar			x	x	x	x
Nível de iluminação interna			x	x		
Detecção de pessoas no ambiente			x	x		x

À medida que certas funcionalidades necessitam de mais informações, bem como o uso de outros sistemas, maiores são as correlações observadas. Além disso, dependendo de cada projeto em particular, nota-se que algumas informações podem possuir uma maior correlação com eficiência e sustentabilidade do que outras (devido ao grau de consumo de recursos do sistema ou dispositivo associado, conforme exemplificado no Capítulo 2), fato que deve ser considerado para a decisão sobre quais informações se deve obter.

A utilização de sensores que atendam a mais de um sistema ou propósito ou ainda que auxiliem no papel de diversas funcionalidades (ou serviços) traz não somente benefícios econômicos (redução no investimento, maior valor agregado, etc.), mas está em concordância com a própria filosofia associada a uma HSAD. A demanda por menos

sensores representa menos recursos usados em seus processos de fabricação, menor utilização de energia durante a operação, menos fontes de calor (embora pequenas) internas ao ambiente climatizado, menos fontes de falhas, e em muitos casos, menos cabeamento e menos módulos de entrada.

É importante salientar ainda que, além do conhecimento instantâneo, pode ser de interesse a armazenagem dos valores medidos em função do tempo para muitos desses dados. Por meio de serviços que utilizem essas informações apropriadamente, tanto os hábitos dos usuários quanto os sistemas da residência podem ser ter sua dinâmica conhecida em mais detalhes, permitindo que ambos possam ser melhor adaptados.

### 3.1.3.3. A importância da relação informação *versus* manutenção *versus* eficiência

O conhecimento das informações apropriadas em uma residência e o seu tratamento adequado pode contribuir enormemente para uma série de outros propósitos igualmente interessantes. O campo da manutenção é um deles, que entre aspectos como segurança e saúde, muitas vezes está relacionado com a eficiência da residência. A seguir são destacados alguns tipos de manutenção e como o SAR pode favorecê-los:

**Manutenção corretiva:** A utilização de sensores que permitam “fechar a malha de controle” pode ser útil também na detecção da necessidade de uma manutenção corretiva. No exemplo de iluminação dado na seção 3.1.2., caso as lâmpadas, fiação ou seus módulos de acionamento não estiverem funcionando corretamente, sensores de luminosidade poderão ser utilizados para identificar a anomalia.

**Manutenção preventiva:** A maioria dos fabricantes inclui orientações a respeito de manutenções periódicas necessárias em seus produtos, podendo estas ser realizadas pelos próprios usuários ou que requeiram técnicos especializados. Uma vez cadastradas, essas informações sobre manutenções periódicas podem ser apresentadas pelo SAR ao usuário na forma de lembretes e recomendações de manutenção preventiva. Aspectos de saúde, como por exemplo, a limpeza de caixa d’água, e de eficiência, como a limpeza filtros existentes em equipamentos de ar-condicionado (que também tange ao aspecto de saúde), são exemplos de como essa abordagem pode ser útil.

**Manutenção preditiva:** Um exemplo mais sofisticado para a questão da manutenção se trata da indicação prévia de uma tendência de

falhas constatada a partir do funcionamento anormal em determinados dispositivos. Considere-se que, por exemplo, o consumo de energia elétrica de uma geladeira esteja sendo monitorado ao longo do tempo. Com uma quantidade suficiente de dados, será possível obter o comportamento padrão (normal) de consumo deste eletrodoméstico. Se em um dado momento o consumo se elevar, por exemplo, acima de um simples limiar, o usuário poderá ser notificado para que sejam tomadas providências (que pode ser a simples necessidade de troca da vedação da porta). Porém, pode ser realizada a objeção de que se o clima estiver mais quente, espera-se naturalmente que a geladeira tenha um consumo maior. Nesta circunstância fica evidenciada a necessidade de ser utilizada a correlação dos dados e o sistema começa a ganhar complexidade, no sentido mais fiel ao que muitos chamam popularmente de “casa inteligente”. Neste caso específico, poderiam ser utilizadas informações de temperatura / umidade da cozinha; do tempo de abertura da porta da geladeira (que poderia ser obtido com um simples sensor magnético); da quantidade de alimento no interior da geladeira (que aparentemente será viabilizada em breve graças à substituição de códigos de barra dos alimentos por etiquetas RFID), etc.

Sendo assim, o presente trabalho, que no contexto de informações se atem a utilizá-las no intuito de melhorar os aspectos de E/S de uma HSAD, precisa ser compreendido sistematicamente, incluindo até mesmo o caráter das manutenções. Como consequência, um maior aproveitamento é obtido dos SARs, com impactos positivos também à saúde e segurança, entre outros.

### 3.2. Abordagem realizada

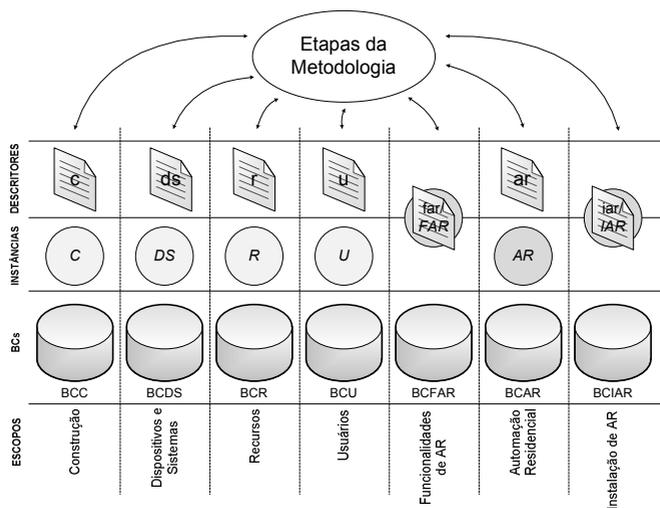
Tendo em vista o conhecimento que precisa ser empregado, bem como as diversas informações que necessitam ser consideradas sistematicamente para a implantação apropriada de um SAR em uma HSAD, identificou-se a necessidade de subdividir o escopo geral de conhecimento e informações em sete escopos:

1. *Construção;*
2. *Dispositivos e sistemas;*
3. *Recursos;*
4. *Usuários;*
5. *Funcionalidades de AR;*
6. *AR;*
7. *Instalação de AR.*

Com os escopos definidos, o problema foi decomposto neste trabalho da seguinte maneira:

1. O *conhecimento geral* (independente de casos particulares) necessário para a realização do processo foi representado em **Bases de Conhecimento (BCs)**, sendo uma para cada escopo;
2. As **Instâncias** representam simplesmente os *conjuntos* que contém os elementos (os substantivos) relativos a cada escopo. O conjunto de instâncias de entrada é que define um *caso em específico* para o emprego da metodologia;
3. Os **Descritores** contêm informações relativas às suas respectivas instâncias. Estas informações são categorizadas em *requisitos, restrições, especificações, características e conclusões*;
4. A *coordenação* dos passos a serem seguidos e de *quais informações utilizar* é guiada pelas **etapas da metodologia**.

A relação entre esses quatro elementos é representada na Figura 25, os quais são detalhados na sequência.



**Figura 25 - Elementos constituintes da metodologia proposta: Escopos, Bases de Conhecimento, Instâncias, Descritores e Etapas da Metodologia.**

### 3.2.1. Escopos

Os escopos *Construção, Dispositivos e Sistemas, Recursos e Usuários* tratam de informações que visam preparar o processo de projeto do SAR propriamente dito. Este, por sua vez, é tratado dentro dos escopos *Funcionalidades de AR, Automação Residencial e Instalação de AR*.

A divisão do escopo geral em sete escopos não significa que existam somente estes frente à problemática abordada. No entanto, o autor os considerou os mais relevantes e úteis para este trabalho.

### 3.2.2. Bases de Conhecimento

De acordo com o exposto no Capítulo 2, observou-se que para empregar uma metodologia para implantar AR em uma HSAD é necessário um conjunto considerável de conhecimentos, muitos deles a serem providos por diversas fontes / diferentes especialistas. Visando facilitar o processo e obter resultados satisfatórios, contudo sem a pretensão de se eliminar por completo a intervenção humana, neste trabalho esta etapa também foi sistematizada, onde estes conhecimentos foram idealizados em BCs específicas. Elas são elaboradas de forma que, ao serem consultadas mediante o uso da metodologia proposta, estas possam servir como uma ferramenta auxiliar para tomada de decisão, evitando que erros e incompatibilidades ocorram. Quanto mais completas e corretas estiverem as BCs, maiores são as chances de que a metodologia produza resultados apropriados.

Além do emprego direto na metodologia proposta, constatou-se que a utilidade das BCs vai além dos objetivos principais deste trabalho. Assim, foram observadas no mínimo quatro aplicações para as BCs:

1. **Amparo à etapa de projeto do SAR**, conforme descrito anteriormente, dando apoio à execução da metodologia;
2. **Amparo à etapa de projeto da HSAD**, visto que estas mesmas BCs podem ser úteis também a arquitetos e engenheiros civis para a elaboração do próprio projeto da HSAD;
3. **Composição de uma ferramenta computacional de apoio à metodologia**, dado que as informações contidas nas BCs poderiam ser traduzidas para um software (possivelmente um sistema especialista), obtendo-se, dessa forma, certo nível de automação da tarefa proposta neste trabalho;

4. **Fonte de conhecimento para o próprio SAR**, uma vez que outra grande vantagem de se possuir os dados das BCs disponíveis computacionalmente seria a possibilidade do uso, por parte do próprio SAR, de tais informações. Sendo assim, certas diretrizes / dados que nortearam a implantação do SAR seriam utilizadas durante a sua operação, o que daria uma maior coerência ao funcionamento da HSAD.

De acordo com a divisão do escopo geral feita anteriormente, surge a necessidade da criação de sete bases de conhecimento:

1. Base de Conhecimento Construtivo (BCC)
2. Base de Conhecimento sobre Dispositivos e Sistemas (BCDS)
3. Base de Conhecimento sobre Recursos (BCR)
4. Base de Conhecimento sobre Usuários (BCU)
5. Base de Conhecimento sobre Funcionalidades de AR (BCFAR)
6. Base de Conhecimento sobre Automação Residencial (BCAR)
7. Base de Conhecimento sobre Instalação de AR (BCIAR)

As BCs contêm informações pertinentes sobre cada escopo a que se destinam, porém de forma genérica, ainda não associadas a nenhuma instância específica.

### 3.2.3. Instâncias

As instâncias são indicadas por letras maiúsculas em itálico e são respectivas a cada escopo (*C*, *DS*, *R*, *U*, *FAR*, *AR* e *IAR*). Seu emprego na metodologia serve apenas para identificar o conjunto de substantivos que estão sendo considerados:

1. Para o escopo *Construção*: *C* – a habitação propriamente dita;
2. Para o escopo *Dispositivos e Sistemas*: *DS* – dispositivos e sistemas empregados;
3. Para o escopo *Recursos*: *R* – recursos que serão utilizados;
4. Para o escopo *Usuários*: *U* – usuários da habitação.
5. Para o escopo *Funcionalidades de AR*: *FAR* – funcionalidades de AR a serem implementadas;
6. Para o escopo *AR (Automação Residencial)*: *AR* – equipamentos de AR a serem utilizados;
7. Para o escopo *Instalação de AR*: *IAR* – procedimentos de instalação de AR a serem executados.

### 3.2.4. Descritores

Para a aplicação da metodologia proposta é de grande necessidade a existência de informações específicas que descrevam cada uma das instâncias, o que será chamado neste trabalho de *Descritores*. Assim cada instância possui seu respectivo descritor. Eles contêm as propriedades de interesse para o projeto do SAR e são identificados pelas mesmas letras das instâncias, porém por letras minúsculas (c, ds, r, u, far, ar e iar). As informações contidas nos descritores podem ser classificadas nos campos:

1. *Requisitos;*
2. *Restrições;*
3. *Especificações;*
4. *Características;*
5. *Conclusões.*

Houve a necessidade de que os descritores “c, ds, r e u” possuíssem apenas os campos *especificações*, *características* e *conclusões*. Seus campos *especificações* e *características* contêm informações que se referem ao próprio escopo a que pertencem. Já o campo *conclusões* traz informações que impactam diretamente nos escopos referentes ao SAR.

Já os descritores “far, ar, e iar” demandaram os campos *requisitos*, *restrições* e *especificações*. Entretanto os descritores e instâncias de far e iar apresentam a particularidade de serem híbridos pelo fato de que seus campos de especificações se equivalem às suas próprias instâncias.

Observa-se que, independentemente de como a metodologia estiver estruturada, haverá uma precedência na ordem de geração dos descritores: primeiro *far*; seguido de *ar* e por fim: *iar*. Isso ocorre em virtude de que, para se determinar **como** o SAR deve ser instalado, necessita-se conhecer **quais** equipamentos irão compô-lo; e para se saber **quais equipamentos** serão utilizados, necessita-se conhecer **quais funcionalidades** serão desempenhadas.

### 3.2.5. Detalhamento e exemplificação de BCs e Descritores

Dado que o conteúdo apresentado até este ponto a respeito de BCs e Descritores é insuficiente para a sua plena compreensão, a seguir ambos serão abordados em maior profundidade<sup>18</sup>.

#### 3.2.5.1. BCC & c

**BCC:** guarda informações sobre aspectos de construção civil e arquitetura em geral, em especial ao que se refere particularmente a uma HSAD.

*Exemplos:*

1. A fachada oeste é a que mais se aquece em virtude da radiação solar, tanto pelo fato de ser dificilmente protegida por sombreamento quanto por ser iluminada em horários de temperatura ambiente externa elevada;
2. Todas as aberturas (tais como portas e janelas) de interface com o ambiente externo devem ser mantidas fechadas para não comprometer o condicionamento ambiental ativo quando este estiver em funcionamento.

**c:** contém informações específicas relativas a aspectos construtivos da HSAD.

*Exemplos de especificações:* Muitas especificações estão representadas diretamente no projeto em planta, tais como distâncias e espessuras de paredes. Sendo assim, não haveria a necessidade de uma representação textual destas, bastando o destaque nos *drawings*.

*Exemplos de características:*

1. As janelas do dormitório “x” são fixas (não são passíveis de serem abertas);
2. As camas do dormitório “x” podem ser configuradas em dois modos: duas camas de solteiro ou uma de casal.

*Exemplos de conclusões:*

1. Não há necessidade de sensores de abertura nas janelas do dormitório “x”;
2. Em dias muito quentes e iluminados, somente as persianas das janelas do quarto “x” (únicos dispositivos de sombreamento instalados na fachada sul) não

---

<sup>18</sup> Muitos dos exemplos utilizados nesta seção (3.2.5.) foram adaptados de situações práticas vivenciadas no projeto CSF, a ser detalhado a partir da seção 4.2.

apresentam maiores restrições de operação em virtude da influência no HVAC.

*Comentários:* especialistas como engenheiros civis e arquitetos são algumas das principais fontes para BCC. Já o projeto em planta, bem como o memorial descritivo da HSAD, são algumas das principais fontes de informação para “c”.

### 3.2.5.2. BCDS & ds

**BCDS:** contém informações gerais sobre eletrodomésticos, eletroeletrônicos, sistemas de aquecimento, refrigeração, ventilação, iluminação, sistema hidráulico, etc.

*Exemplos:*

1. Geladeiras e freezers não devem ser desenergizados, a não ser que sejam previamente preparados para tal (ausência de alimentos, estejam limpos, etc.);
2. Lâmpadas compactas fluorescentes comuns não devem ser dimerizadas.

**ds:** contém informações específicas sobre os dispositivos e sistemas utilizados na casa.

*Exemplos de especificações:*

1. O chuveiro “x”, sob uma pressão de “y” m.c.a. gasta “z” l de água;
2. O ar-condicionado “x” possui uma interface de comunicação “y”.

*Exemplos de características:*

1. A luminária LED “x” necessita de um dimmer do tipo “trailing edge” / “reverse phase control”;
2. O sistema hidráulico será pressurizado na própria residência e não possui controle próprio.

*Exemplos de conclusões:*

1. A utilização de um *dimmer* convencional na luminária LED “x” pode causar um mau funcionamento desta e/ou perdas de eficiência;
2. O SAR deve ser capaz de controlar o sistema de pressurização do sistema hidráulico.

*Comentários:* manuais e *datasheets* dos equipamentos são algumas das principais fontes de informação, tanto para a BCDS quanto

para ds. A BCDS e “ds” apresentam grande utilidade para a composição de “far” (quanto à viabilidade prática de implementação destas) e de “ar” (quanto à viabilidade técnica de integração).

### 3.2.5.3. BCR & r

**BCR:** contém informações gerais sobre os recursos, tanto os providos por serviços quanto os recursos obtidos de forma natural. Exemplos de recursos providos por serviços são a água potável e energia elétrica proveniente da rede. Exemplos de recursos naturais são a energia solar, água da chuva, vento, etc.

*Exemplos:*

1. Utilizar energia elétrica da rede nos horários de pico não é uma ação sustentável;
2. O chuveiro é uma das principais fontes de consumo de água de uma residência.

**r:** apresenta as informações específicas sobre os recursos a serem utilizados na residência em questão.

*Exemplos de especificações:*

1. O uso de energia elétrica deve se dar de maneira econômica durante o horário de pico;
2. Caso o nível de água potável for inferior à “x”%, os usuários precisam utilizá-la em regime de racionamento.

*Exemplos de características:*

1. O valor do kWh residencial em Florianópolis é de R\$ 0,391533 para o consumo de até 150 kW mensais;
2. A média de precipitação pluviométrica para o mês de novembro em Florianópolis é de “x” mm.

*Exemplos de conclusões:*

1. Devem ser elaboradas estratégias e implementadas funcionalidades para utilização de energia elétrica em horário de pico, como por exemplo, a execução de um “modo econômico”<sup>19</sup>;
2. Devem ser elaboradas estratégias e implementadas funcionalidades para utilização mínima de água potável

---

<sup>19</sup> Como por exemplo, a indicação da restrição de uso de equipamentos que podem operar de forma programada em outro horário, tais como máquinas de lavar roupa e louças; diminuição no tempo em que iluminação artificial permanece acesa sem detecção de movimento; redução do nível máximo de dimerização da iluminação artificial; alteração no valor do *setpoint* do HVAC em para que utilize menos energia, etc.;

em casos de racionamento, como por exemplo, a execução de um “modo racionamento”<sup>20</sup>.

*Comentários:* o conhecimento apropriado sobre os recursos é de fundamental importância para uma HSAD, pois permite que ações eficazes possam ser elaboradas pelo integrador para que sejam conduzidas posteriormente pelo SAR. Exemplos de fontes para BCR são estudos de consumo de recursos utilizados em residências, como os exemplificados no Capítulo 2. Fontes para “r” são dados locais relacionados a estes recursos. Dentre estas, as informações sobre recursos naturais se baseiam essencialmente em informações climáticas, tais como padrões de precipitação pluvial, radiação solar, sentido predominante de vento, etc.

#### 3.2.5.4. BCU & u

**BCU:** contém informações relacionadas a usuários, especialmente no que diz respeito a aspectos fisiológicos, psicológicos, sociais, hábitos, etc.

*Exemplos:*

1. A temperatura de conforto térmico é de “x” °C sob uma umidade relativa do ar de “y” %;
2. Uma pessoa adulta consome em média “y” l de água por dia.

**u:** contém as informações específicas relativas ao grupo de usuários que irá utilizar a casa.

*Exemplos de especificações:*

1. U deseja reduzir tendência em desperdiçar energia elétrica;
2. Funções críticas do SAR devem ser protegidas por senha devido à presença de criança;

*Exemplos de características:*

1. Rotina aproximada<sup>21</sup>: em dias úteis, todos saem de casa por volta das 7:30 am. Usuários “x e y” voltam para casa

---

<sup>20</sup> Como por exemplo, o destaque na visualização do nível instantâneo de água potável e a previsão de término desta frente às taxas de abastecimento e uso; Redução na variável “tempo admissível de banho”, etc.

<sup>21</sup> Dependendo da sofisticação em termos de sensores e lógica do SAR, estas informações podem ser inferidas automaticamente com o passar do tempo.

por volta das 17h, usuário “z” retorna por volta das 18h. Aos finais de semana: rotina indefinida.

2. Família dá mais importância ao conforto em iluminação do que ao conforto em condicionamento ambiental;

*Exemplos de Conclusões:*

1. Caso houver a necessidade de redução de consumo de energia e a possibilidade de escolha, será priorizada a redução de consumo no HVAC frente ao sistema de iluminação;
2. Dada a ausência prolongada dos usuários no período diurno nos dias úteis, o condicionamento ambiental e equipamentos em *stand-by* podem ser desligados. Rotinas de manutenção que requerem algumas horas podem ser executadas neste período.

*Comentários:* apesar de *U* ter uma grande importância (pois afinal de contas uma habitação é voltada para seres humanos, mas que se apresentam com a particularidade de ser um conjunto razoavelmente definido de usuários por períodos consideravelmente longos), o projeto como um todo não pode depender muito de “u”, pois caso contrário, poderia não ter a flexibilidade necessária se *U* fosse outro. Assim, o sistema deve ser idealmente flexível o suficiente para comportar os requisitos de um *U* qualquer.

*Na prática, a BCU permite o estabelecimento de requisitos gerais de projeto do SAR no que se refere a usuários, visando propiciar a ele a flexibilidade necessária. Já u permite que o SAR da residência seja configurado e adaptado aos usuários da melhor forma possível.*

Fontes de BCU são principalmente estudos relacionados a comportamentos de usuários, especialmente os que se referem ao uso de recursos. Fontes de “u” são especialmente entrevistas / questionários realizados diretamente com *U*.

### 3.2.5.5. BCFAR & far

**BCFAR:** contém os conhecimentos gerais sobre funcionalidades que possam motivar interesse de serem implantadas em uma HSAD.

*Exemplos:*

1. Ajustar a iluminação de um ambiente / ponto de acordo com o desejado, balanceando entre a iluminação artificial e a luz natural, maximizando o uso desta, pode reduzir em “x”% o consumo de energia elétrica em iluminação;

2. Alertar o usuário caso o tempo de banho passar de um determinado intervalo de tempo pode conscientizar o usuário e reduzir o uso de água potável em banhos em “x”%.

**far:** contém informações quanto às funcionalidades consideradas e adaptadas para serem desempenhadas pelo SAR.

*Exemplos de requisitos:*

1. Dado que *U* apresenta uma tendência em desperdiçar energia elétrica, uma atenção especial a funcionalidades deste gênero necessita ser empregada;
2. Devido à ampla presença de janelas, a iluminação natural pode ser bem aproveitada.

*Exemplos de restrições:*

1. Não poderão ser alteradas configurações importantes sem a inserção de uma senha específica;
2. As lógicas presentes no SAR só podem ser alteradas pelo integrador.

*Exemplos de especificações:*

1. Dimerizar automaticamente a iluminação artificial da mesa de trabalho proporcionada pela luminária com relação a um dado *setpoint*. A operação deve ocorrer de maneira integrada com a iluminação natural, que poderá ser graduada por uma persiana motorizada adjacente à mesa e/ou um brise. Um sensor de presença deve desligar a luminária em caso de ausência prolongada do usuário.
2. Apagar a lâmpada do banheiro por 2 s caso o tempo de banho passar os 10 min. A partir de então, repetir a cada 1 min até a conclusão do banho.

*Comentários:* com os sistemas devidamente integrados e acessíveis pelo sistema de automação, há uma grande liberdade para criação e implementação de funcionalidades / serviços. Fontes de BCFAR são estudos e experimentos que abordam E/S que sejam relativos aos contextos de SARs e HSADs.

### 3.2.5.6. BCAR & ar

**BCAR:** contém informações gerais sobre sistemas de AR e elementos como sensores, atuadores, etc.

*Exemplos*

1. O sistema “x” permite a distribuição física (em rede, não centralizada) dos módulos;
2. O barramento de comunicação do sistema “y” não deve ser maior que “z” m.

**ar:** apresenta os dados a respeito dos equipamentos de AR a serem utilizados na residência.

*Exemplos de requisitos:*

1. O download do software dos módulos deve ser feito pela própria rede de comunicação;
2. O comprimento estimado da rede de comunicação necessária é de “x” m.

*Exemplos de restrições:*

1. Devido à precisão e margens de erro necessárias para a medição de temperatura interna, os sensores “x” não poderão ser utilizados;
2. O orçamento limite para o SAR é de R\$ “x”.

*Exemplos de especificações:*

1. Será adotado o SAR “x”;
2. Serão utilizados sensores de vazão “y”.

*Comentários:* o conjunto de sensores e atuadores que têm suas informações representadas em BCAR e “ar” se difere do tipo de elementos representados em BCDS e “ds”: Para estes últimos, os equipamentos são normalmente especificados previamente por um profissional distinto do integrador de sistemas. Já BCAR e “ar” contêm dados de elementos cuja escolha está sob a responsabilidade do integrador de sistemas.

*Os equipamentos representados em ar devem, com a devida programação, serem capazes de operar em conjunto com os elementos representados em ds para propiciar as far desejadas.*

### 3.2.5.7. BCIAR & iar

**BCIAR:** contém as melhores / corretas práticas relacionadas à instalação de AR, bem como as devidas restrições.

*Exemplos:*

1. Um VIP não pode ser perfurado;
2. O cabeamento de dados deve ficar a no mínimo 20 cm de distância de cabos de eletricidade;

**iar:** contém as necessidades específicas ao que se refere à instalação do SAR.

*Exemplos de requisitos:*

1. Horizontalmente, o cabeamento de dados deve ser feito acima do forro; Verticalmente, dentro das paredes.
2. A parede entre a zona climatizada e o gabinete técnico pode ter somente uma perfuração.

*Exemplos de restrições:*

1. Acima do forro já está especificada uma rede de calhas para cabeamento elétrico (que além de ocupar certo espaço, não pode ser utilizada para o cabeamento de dados);
2. Devido à disposição das camadas de compõem as paredes, o cabeamento vertical só pode ocorrer em locais bastante específicos.

*Exemplos de especificações:*

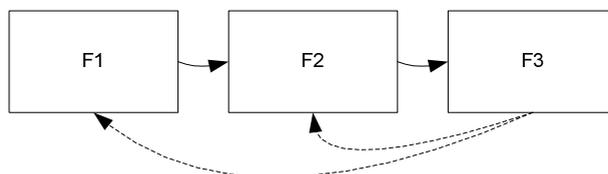
1. Serão empregadas calhas metálicas para o cabeamento horizontal (em um plano distinto do cabeamento elétrico) e conduites flexíveis para o cabeamento vertical;
2. A perfuração entre a zona climatizada e o gabinete técnico ocorrerá na posição “x, y”.

*Comentários:* a instalação do SAR é um dos passos de grande importância em uma HSAD, pois se mal planejada e/ou executada, pode comprometer permanentemente o desempenho da residência. Manuais e *datasheets* de produtos bem como normas e regulamentações são algumas das principais fontes de informação para BCIAR.

### 3.3. Fases e Etapas da metodologia proposta

A metodologia pode ser entendida de forma simplificada como composta por **três fases** (Figura 26), permitindo-se assim uma visão geral do processo:

- **Fase 1:** *Coleta de informações de entrada* - Definição das instâncias referentes aos escopos de entrada e obtenção de seus descritores com o amparo das respectivas BCs;
- **Fase 2:** *Definição do SAR* - Obtenção dos descritores de saída (relacionadas ao SAR);
- **Fase 3:** *Avaliação e documentação final* de projeto.



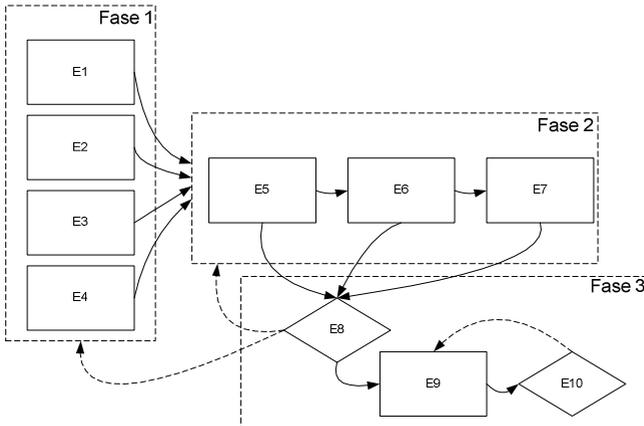
**Figura 26 - Relação simplificada entre as fases da metodologia proposta.**

A primeira fase consiste basicamente na compreensão clara dos principais elementos que irão influenciar no processo de projeto do SAR para uma HSAD. A segunda fase define os principais aspectos do SAR a ser implantado e a terceira fase trata-se de uma etapa conclusiva. É interessante que todo o processo seja executado por uma única pessoa/equipe, para que informações não se percam entre as etapas.

As três fases apresentadas anteriormente podem ser expandidas em **dez etapas**:

1. Análise dos aspectos construtivos;
2. Análise dos dispositivos e sistemas que estarão presentes;
3. Avaliação sobre os recursos que serão utilizados;
4. Obtenção de informações sobre os usuários;
5. Elaboração das funcionalidades;
6. Seleção dos equipamentos de AR;
7. Definição quanto à instalação do SAR;
8. Verificação do SAR frente à HSAD;
9. Geração dos documentos finais;
10. Submissão dos documentos gerados à avaliação final.

A relação entre as fases e etapas da metodologia proposta pode ser compreendida simplificada conforme apresentado na Figura 27<sup>22</sup>.



**Figura 27 - Relação entre as etapas da metodologia proposta.**

### 3.3.1. Detalhamento das etapas

**Etapa 1 (E1):** Análise dos aspectos construtivos (Figura 28):

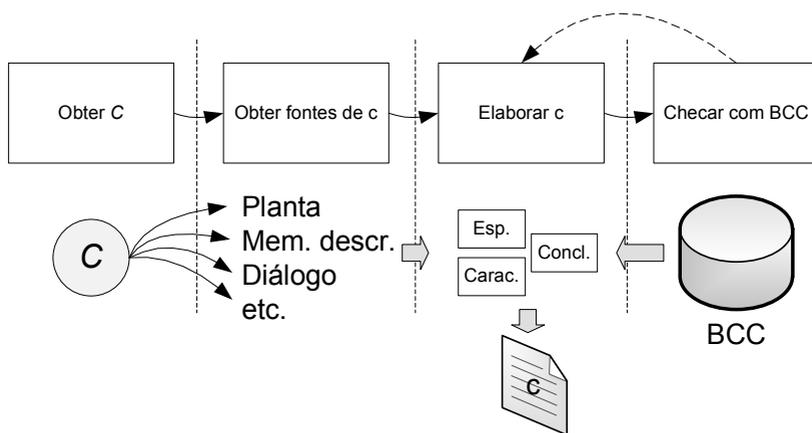
- a. Obter a definição de C;
- b. Obter acesso às fontes de c;
- c. Elaborar c (especificações, características e conclusões);
- d. Checar c com BCC.

Nesta etapa inicial se devem avaliar os aspectos construtivos da residência “C”. A avaliação da planta-baixa (um dos documentos mais acessíveis) é de fundamental importância e utilidade ao longo do processo, porém o diálogo com os responsáveis pelo seu projeto (engenheiros civis, arquitetos, etc.) sempre que possível, pode elucidar aspectos não tão claros ou não documentados. “c” (assim como os demais descritores) deve ser gerado com as informações mais relevantes para o projeto do SAR (de forma que fique enxuto), cujas informações

<sup>22</sup> As setas contínuas representam o fluxo normal entre etapas. Setas tracejadas representam possibilidades de retorno a etapas anteriores.

devem ser checadas com BCC no intuito de que não existam contradições ou, até mesmo, para que novas entradas sejam geradas em “c” oriundas do desdobramento do conhecimento presente em BCC, frente ao caso em questão. Além disso, manter o projeto em planta e o memorial descritivo como anexos a “c” é de fundamental importância no processo.

Nota-se que uma visão global é necessária ao integrador de sistemas (quem de fato está encarregado pelo projeto do SAR), de forma que este possa antever durante toda a *Fase 1* (compreendida pelas etapas de 1 a 4) as principais características que irão influenciar o SAR. Com isso se acredita que o papel humano dificilmente será eliminado por completo de forma satisfatória (conforme sugerido por outras propostas), entretanto o auxílio computacional pode tornar todo o processo mais rápido, menos laborioso e trazer mais qualidade principalmente à etapa de verificação de informações.



**Figura 28 - Representação esquemática da Etapa 1.**

**Etapa 2 (E2):** Análise dos dispositivos e sistemas que estarão presentes (Figura 29):

- Obter a definição de *DS*;
- Obter acesso às fontes de *ds*;
- Elaborar *ds* (especificações, características e conclusões);
- Checar *ds* com BCDS.

Nesta etapa são avaliados individualmente (como se operassem de forma *stand-alone* / não integrada) os sistemas e dispositivos que

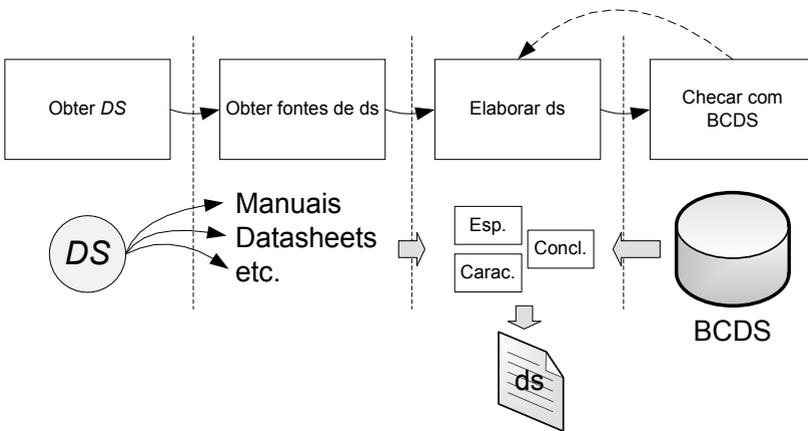
estarão presentes na HSAD. Devido ao forte caráter de integração necessário, a grande maioria destes (se não todos) estará de alguma forma associada ao SAR.

Sendo assim, para os equipamentos já especificados, dentre muitas outras, informações como tipo de protocolo utilizado, tensões de operação e número de contatos devem ser avaliadas (visando a melhor forma de integração de cada equipamento/sistema ao SAR). Com esses dados técnicos mais relevantes é composto “ds”.

A compreensão da forma de operação desses equipamentos (como funcionam seus ciclos, o que acontece em caso de falha, quais são as condições necessárias para que eles tenham uma operação eficiente, etc.) é de fundamental importância, o que deve ser registrado nos campos de características e conclusões dessa etapa.

Caso os dispositivos ou sistemas não estejam completamente especificados, procura-se saber o máximo possível de informações associadas a estes, como modo aproximado de operação, componentes básicos, etc.

Ao final, as informações em “ds” devem ser checadas frente à BCDS para se verificar se estão corretas e completas.



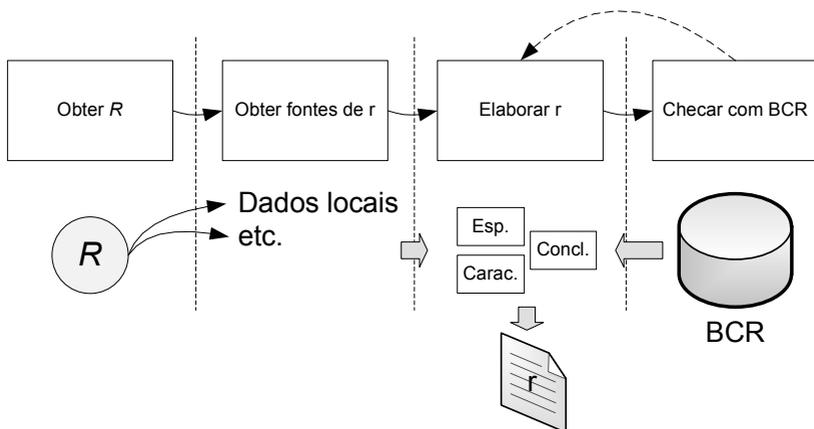
**Figura 29 - Representação esquemática da Etapa 2.**

*As etapas 1 e 2 se focam, portanto, na compreensão do “hardware” projetado para a HSAD, ainda sem o SAR.*

**Etapa 3 (E3):** Avaliação sobre os recursos que serão utilizados (Figura 30):

- a. Obter a definição de  $R$ ;
- b. Obter acesso às fontes de  $r$ ;
- c. Elaborar  $r$  (especificações, características e conclusões);
- d. Checar  $r$  com BCR.

Na terceira etapa são levantadas informações específicas sobre os recursos que serão utilizados no projeto em questão, compondo “ $r$ ”. Esses dados devem ser obtidos com o intuito de favorecer a criação / execução de funcionalidades relacionadas a E/S, cujas observações devem ser registradas. Ao final “ $r$ ” deve ser checado com BCR para a verificação de erros / falta de informações importantes.



**Figura 30 - Representação esquemática da Etapa 3.**

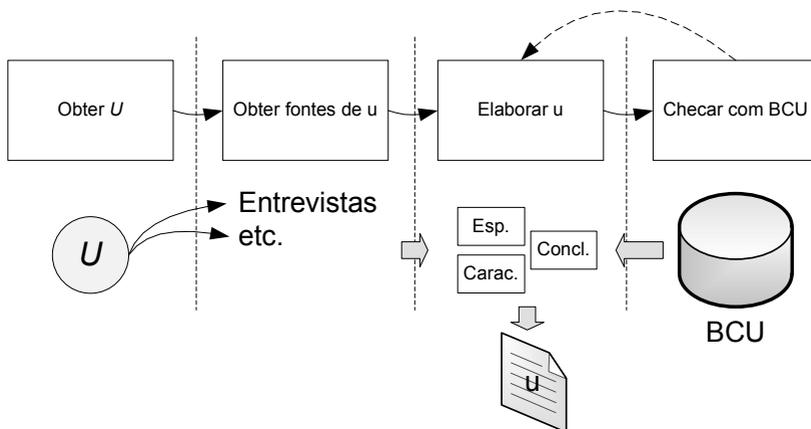
*As etapas 2 e 3 são as que principalmente provém informações que permitem uma maior compreensão de como o SAR vai poder auxiliar a HSAD com relação à E/S.*

**Etapa 4 (E4):** Obtenção de informações sobre os usuários (Figura 31):

- a. Obter a definição de  $U$ ;
- b. Obter acesso às fontes de  $u$ ;
- c. Elaborar  $u$  (especificações, características e conclusões);
- d. Checar  $u$  com BCU.

Na última etapa da primeira fase são obtidas informações relacionadas ao grupo  $U$  de usuários que irá utilizar a HSAD, constituindo-se “u”. Entre outras informações, visa-se identificar objetivos, necessidades e preferências apresentadas pelos usuários.

É importante se considerar que, dentre as apresentadas até o momento,  $U$  é uma das instâncias que mais pode sofrer alterações ao longo da vida útil da HSAD e, portanto, o projeto não deve apresentar uma alta dependência dele. “u” deve ser visto como um conjunto de informações auxiliares para uma customização de funcionalidades, o que vai deixar os usuários mais satisfeitos com o SAR pelo fato deste estar mais adaptado às suas necessidades. Caso  $U$  esteja indefinido, assume-se apenas o conhecimento geral provido pela BCU.



**Figura 31 - Representação esquemática da Etapa 4.**

*Acredita-se que a ordem apresentada para as etapas enumeradas de 1 a 4 seja a mais adequada, porém esta se trata apenas de uma sugestão baseada na experiência prática vivenciada pelo autor. Contudo, é possível que não haja problemas decorrentes da execução destas em ordem distinta da apresentada (ou até mesmo concomitantemente).*

**Etapa 5 (E5):** Elaboração das funcionalidades (Figura 32):

- a. Avaliar os descritores de entrada;
- b. Identificar os requisitos e restrições quanto a funcionalidades;

- c. Fazer o levantamento inicial de funcionalidades;
- d. Consultar BCFAR e identificar quais funcionalidades são imprescindíveis/ necessárias/ indicadas para o projeto em particular;
- e. Compor as especificações quanto a funcionalidades, seguindo as devidas diretrizes de projeto;
- f. Checar especificações com BCC, BCDS, BCR, BCU;
- g. Obter far/*FAR*;
- h. Submeter as far/*FAR* à avaliação dos responsáveis.

Encerrada a fase preparatória de coleta de informações, na quinta etapa se dá início ao projeto do SAR propriamente dito, porém ainda sem se definir tecnologia alguma. **Trata-se de uma das etapas mais importantes, pois todas as etapas anteriores convergem a ela e todas as posteriores dependem dela.** Nesta etapa a lógica / inteligência e os serviços / funcionalidades que o SAR deve proporcionar à HSAD devem ser definidos, devidamente adaptados às possibilidades de *C* e *DS*, às características de *R* e às necessidades de *U*. As diretrizes começam a ser utilizadas nessa fase, assim os aspectos de E/S precisam ser contemplados nela.

Concluídas as etapas anteriores, deve-se consultar os descritores de entrada para identificar os requisitos e restrições das funcionalidades a serem especificadas: por exemplo, da posse “ds” é possível se ter uma visão clara de como cada equipamento / sistema permite ser operado.

Feito isso, devem ser listadas todas as funcionalidades / serviços que se deseja executar na HSAD. Neste ponto ainda não devem ser consideradas restrições de nenhuma espécie (*brainstorming*). O levantamento de tais funcionalidades pode se iniciar por conversas com os responsáveis pelo projeto / cliente, com o engenheiro / arquiteto / equipe responsável pelo projeto ou até mesmo com *U*, cabendo ao integrador em seguida avaliar e justificar as mais adequadas.

Feito isso, o processo segue com a consulta da BCFAR para que seja verificada a adequabilidade de outras possibilidades ao projeto e se dá início à geração das especificações das funcionalidades.

De acordo com as funcionalidades especificadas, as interações a serem feitas com o usuário (seja esta via tela *touch-screen*, smartphone, computador, keypads, pulsadores, etc., a serem definidas na etapa seguinte) devem ser especificadas e modeladas genericamente, compondo um anexo a “far”.

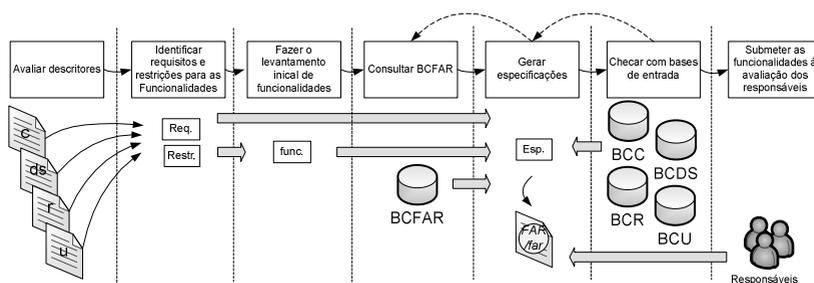
Quanto às BCs utilizadas nas etapas anteriores, observa-se que todas são diretamente importantes para a composição de “far”, de forma

que uma dada funcionalidade não deva entrar em contradição com o conhecimento geral já estabelecido. Sendo assim, mostra-se útil proceder ao final da etapa com a consulta de BCC, BCDS, BCR e BCU e sua avaliação frente às funcionalidades definidas.

Uma vez consideradas (pelo integrador) definidas as funcionalidades, devido à importância desta etapa, estas devem ser aprovadas pelos responsáveis do projeto para que seja dado início à etapa seguinte.

Observa-se que o resultado desta etapa pode ser visto como um *draft* para a equipe / pessoa responsável pela programação do SAR.

Para um melhor esclarecimento quanto à representação, destaca-se que a instância *FAR* na prática se confunde com o descritor “far”, podendo ser ambas consideradas equivalentes. Mais precisamente, devido à ausência dos substantivos, as especificações de “far” correspondem à instância *FAR*.



**Figura 32 - Representação esquemática da Etapa 5.**

**Etapa 6 (E6): Seleção dos equipamentos de AR (Figura 33):**

- Avaliar far;
- Identificar requisitos e restrições para AR;
- Checar os descritores de entrada;
- Consultar BCAR;
- Definir o SAR;
- Gerar o rascunho do projeto *wiring plan*, relação e quantitativo iniciais de equipamentos;
- Gerar especificações, “ar” e AR;
- Checar “ar” e *wiring plan* com BCs de entrada.

Com as funcionalidades aprovadas, no início da E6 se deve avaliar “far/FAR” no intuito de se identificar os requisitos e restrições quanto aos equipamentos de AR, checando-os com os descritores de

entrada. Definidos os requisitos e restrições, consulta-se BCAR com o intuito inicial de se identificar o SAR mais apropriado para o caso: deve ser escolhida qual a tecnologia que será capaz implementar *FAR*, integrar os sistemas especificados e atender aos requisitos identificados. Para isso, deve ser consultada a BCAR para que seja possível a escolha da solução de AR existente no mercado<sup>23</sup> mais adequada ao projeto. Dependendo das circunstâncias, pode ser necessária / interessante a união de duas ou mais tecnologias distintas para atender a determinadas funcionalidades, devendo-se nesse caso ter um cuidado especial para o aspecto de integração entre estas. A utilização de SARs de protocolo aberto e que possuem produtos certificados (tais como os exemplificados na seção 2.3.) eliminam grande parte dos problemas de interoperabilidade, seja entre os diversos tipos de módulos de automação (hardware) que compõe o SAR, seja entre os sistemas e dispositivos que este necessita integrar. No caso da união entre duas tecnologias, existem *gateways* comerciais que possibilitam a integração entre certos protocolos.

Definido o SAR, ainda sob a definição dos requisitos e restrições gerados anteriormente, segue-se com o início da geração dos *drawings* iniciais compondo o rascunho do projeto *wiring plan*, consultando-se BCAR quando necessário. Conforme o projeto evolui, os equipamentos (módulos) do SAR vão sendo definidos juntamente com os sensores e atuadores ainda não contemplados por “ds”. **Nesta etapa devem ser utilizadas as ferramentas / técnicas e seguidos os passos de projeto recomendados pelo fabricante do SAR escolhido**, os quais podem mudar consideravelmente de um sistema para o outro.

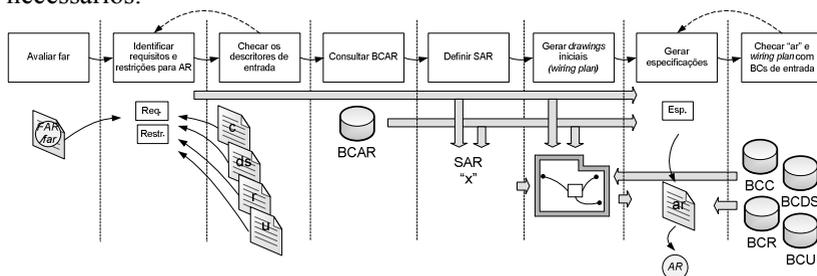
De acordo com as interações com o usuário especificadas e modeladas na fase anterior, deve-se especificar dentre os diferentes tipos interfaces disponíveis quais deverão ser adotadas e com quais finalidades, compondo um anexo a “ar”. Caso estas interfaces demandarem um projeto de “telas” (como para *display touch-screen*, *smartphone* e computador), *drawings* iniciais referentes a estas telas também devem ser feitos nesse passo.

Por fim, estas informações são utilizadas para a geração das especificações de AR, seguido da verificação com as BCs de entrada. Isso porque principalmente BCDS, BCR e U podem conter informações relevantes a esta etapa, devendo, por isso, ser consultadas.

---

<sup>23</sup> Considera-se, portanto, que BCAR contém informações sobre mais de um sistema disponível no mercado. Caso ela contenha a informação de apenas um (que pode ser o caso do integrador que trabalha com uma única solução), este processo se torna apenas uma verificação de se o referido sistema atende às necessidades.

Como resultado dessa etapa, em resumo, surge o projeto inicial (*draft*) do SAR e a especificação dos principais equipamentos necessários.



**Figura 33 - Representação esquemática da Etapa 6.**

**Etapa 7 (E7):** Definição quanto à instalação do SAR (Figura 34):

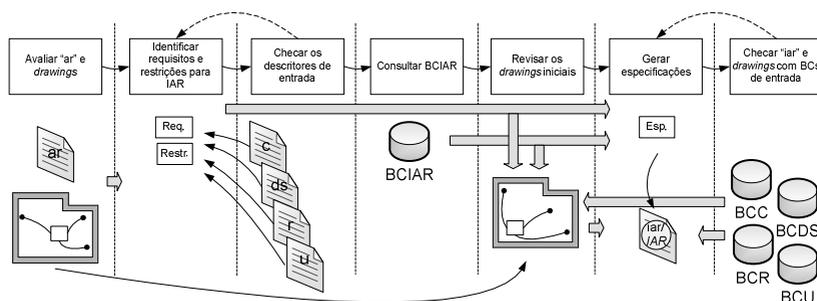
- a. Avaliar “ar” e *drawings*;
- b. Identificar requisitos e restrições para IAR;
- c. Checar os descritores de entrada;
- d. Consultar BCIAR;
- e. Revisar os *drawings* iniciais;
- f. Gerar as especificações de instalação e ar/IAR;
- g. Checar “iar” e *drawings* com BCs de entrada.

Tendo em vista que os *drawings* gerados na E6 não levam em consideração os aspectos de instalação do SAR na HSAD, esta etapa tem por objetivo garantir que este processo seja bem planejado. Isso porque, se mal executados, os procedimentos de instalação podem prejudicar o resultado final da HSAD, especialmente quanto a aspectos de eficiência.

Inicialmente são avaliados os documentos produzidos na etapa anterior. A partir deles, são gerados os requisitos e as restrições quanto à instalação do SAR, sendo ambos checados com os descritores de entrada. A partir de então, inicia-se a revisão dos *drawings* sob o amparo de BCIAR e desenvolvem-se os *drawings* específicos à instalação (na qual são considerados elementos como quadros de comando, conduites, calhas, etc.). Ao final são geradas as especificações de instalação, sendo estas e todos os novos *drawings* checados com as BCs de entrada, em especial a BCC.

Semelhantemente ao que ocorre para far/FAR, a instância IAR na prática se confunde com o descritor “iar”, podendo ser consideradas o

mesmo. Mais precisamente, as especificações de “iar” representam a instância IAR.



**Figura 34 - Representação esquemática da Etapa 7.**

### **Etapa 8 (E8): Verificação do SAR frente à HSAD (Figura 35):**

- Verificar se o projeto do SAR está satisfatório;
- Dependendo da avaliação, retornar à F2, elaborar uma proposta de compatibilização ou seguir para o próximo passo;
- Quando considerado satisfatório, submeter o projeto à avaliação dos responsáveis;
- Dependendo da avaliação, retornar ao ponto necessário ou seguir para a etapa seguinte.

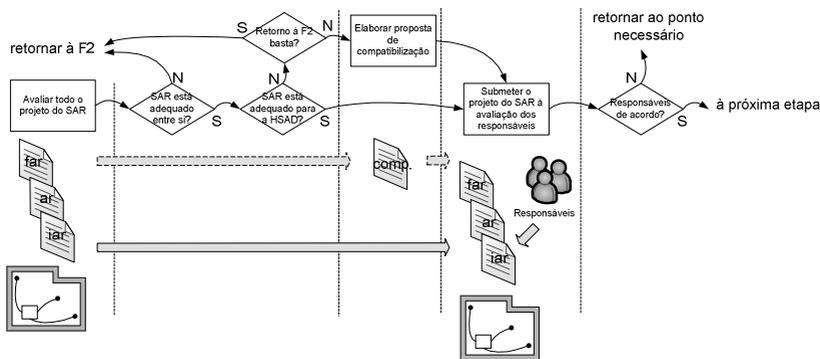
Na oitava etapa, o SAR projetado nas três etapas anteriores deve ser visto como um todo e então avaliado. Esta avaliação deve ser realizada frente a todos os itens gerados em E5, E6 e E7: descritores “far”, “ar” e “iar”, instâncias, *drawings*, etc.

Caso não for considerado apropriado pelo integrador, devem-se realizar alterações em E7, E6 e E5 (F2), preferencialmente nesta ordem para não provocar muitas mudanças e evitar efeitos em cascata. Assim, deve-se ponderar qual o “grau de liberdade” que se apresenta mais conveniente de ser alterado (alterações *versus* benefícios), conforme o caso.

Uma vez considerado apropriado, deve ser verificado se o SAR se apresenta completamente satisfatório para a HSAD: se não estiver, novas alterações podem ser realizadas em E7, E6 e E5. Caso não for possível obter uma configuração satisfatória com alterações no projeto do SAR, propostas em E2 e E1 podem ter que ser encaminhadas aos seus responsáveis, que se aceitas, vão demandar retorno à etapa

necessária. Nesse ponto são, portanto, tratadas questões de compatibilização entre os diversos projetos da HSAD.

Caso o SAR for considerado apropriado entre si e em relação à HSAD, os documentos parciais gerados até o momento devem ser avaliados pelos responsáveis: caso não aprovados, soluções devem ser encontradas e então, retorna-se ao ponto necessário. Se aprovados, é dado início a etapa seguinte.



**Figura 35 - Representação esquemática da Etapa 8.**

### **Etapa 9 (E9):** Geração dos documentos finais (Figura 36).

Na penúltima etapa da metodologia proposta é gerada a documentação definitiva de todo o processo, como por exemplo:

1. Relação de funcionalidades;
2. Detalhamento de interfaces e telas;
3. Diagramas esquemáticos do SAR;
4. Projeto do SAR (*drawings*);
  - a. Redes de comunicação;
  - b. Sensores (entradas);
  - c. Atuadores (saídas);
  - d. etc.
5. Especificação, quantitativo e orçamento dos equipamentos;
6. Procedimentos detalhados de instalação;
7. Memorial descritivo (contendo as definições de descritores, instâncias, etc.);
8. Manual de operação;
9. etc.

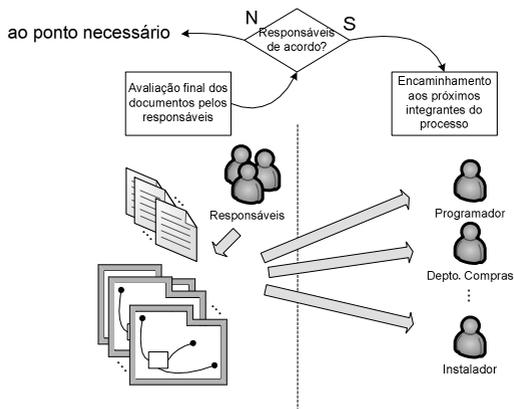
Concluídos estes documentos, encaminha-se à etapa final.



**Figura 36 - Representação esquemática da Etapa 9.**

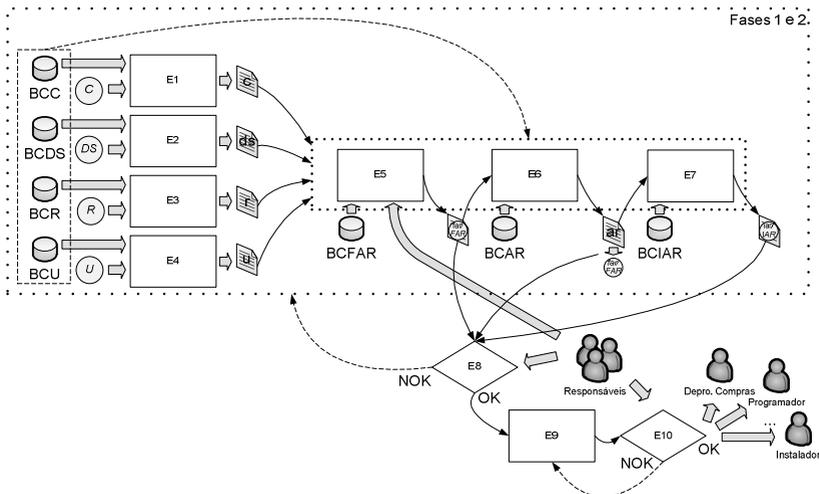
**Etapa 10 (E10):** Submissão dos documentos gerados à avaliação final (Figura 37).

Na etapa final, os documentos são encaminhados para a análise dos responsáveis, que se aprovados, são então encaminhados aos demais integrantes do processo, tais como programadores, departamento de compras / licitações, instaladores, etc. Caso não aprovados, retorna-se à E9 para a correção dos documentos.



**Figura 37 - Representação esquemática da Etapa 10.**

Com base no exposto, todas as etapas e os principais elementos abordados na metodologia se relacionam conforme abordado na Figura 38.



**Figura 38 - Representação esquemática da metodologia completa.**

É importante salientar que, como esta metodologia é voltada para a fase de projeto, retornos a etapas anteriores para a alteração de elementos quaisquer de projeto com o objetivo de favorecer a HSAD como um todo é algo bem-vindo. Assim é comum que surja a necessidade de que seja alterado um elemento construtivo, de que um dispositivo tenha que apresentar uma característica distinta da especificada, etc. Contudo, muitas alterações nas características da HSAD podem demandar muitas mudanças no projeto do SAR, podendo até gerar implicações recíprocas ao item alterado. Além disso, aplicar a metodologia quando o projeto da HSAD em si ainda não está bem definido, com novas características sendo definidas ou alteradas frequentemente, torna o processo muito laborioso por demandar muitas alterações.

Para o emprego desta metodologia foi considerado que tanto *C* quanto *DS* foram adequadamente concebidos por profissionais devidamente capacitados com o conhecimento necessário para tal. Observa-se ainda que, idealmente, estas etapas de projeto devem ocorrer colaborativamente com o integrador de sistemas, de forma que estes profissionais em suas atividades de trabalho (que eventualmente

poderiam seguir sua própria metodologia) pudessem consultar o integrador no intuito de considerar os aspectos gerais de AR em seus projetos desde o princípio. Como todo o processo ainda se encontra em fase de projeto, o resultado final tende a ser o mesmo, mas tende a ser menos laborioso e mais rápido.

Comparando-se sob alguns aspectos a metodologia proposta com as demais metodologias apresentadas no Capítulo 2, tem-se um resumo apresentado pela Tabela 3.

**Tabela 3 - Comparativo da metodologia proposta frente às demais metodologias.**

	(ELOY et al., 2010)	(RUNDE et al., 2010)	(DIBOWSKI et al., 2010)	(ESTE TRABALHO)
Aplicabilidade	habitação pronta	fase de projeto	fase de projeto	fase de projeto
Grau de automação do processo	médio	médio/alto	alto	médio
Adequabilidade	residencial	predial	predial	residencial
Considera sustentabilidade?	não	somente no exemplo	não	sim
Considera eficiência?	não	somente no exemplo	não	sim
Utiliza BC?	sim	sim	sim	sim

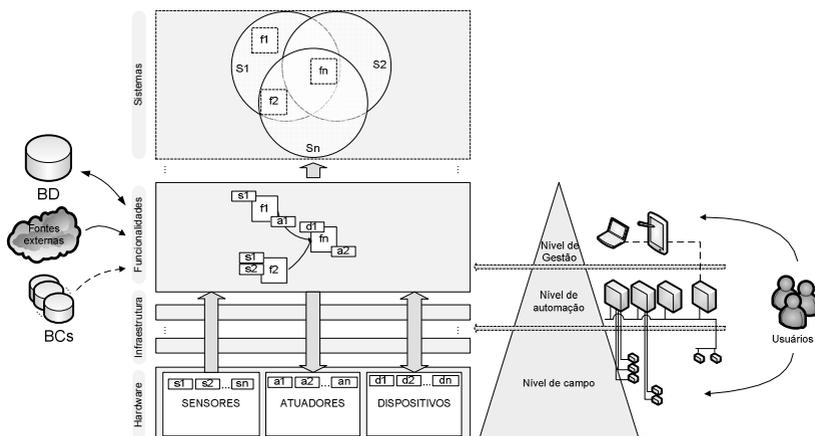
Dentre os principais diferenciais do presente trabalho em relação aos demais apresentados na Tabela 3, destacam-se a importância que os aspectos de E/S possuem durante toda a fase de projeto. Além disso, é importante ressaltar que as outras metodologias apresentadas não são aplicáveis diretamente ao contexto abordado neste trabalho: Eloy *et al.* (2010) é destinado para construções prontas (além de não serem HSADs), onde os “graus de liberdade” para alterações são bastante reduzidos. Runde *et al.* (2010) e Dibowsky *et al.* (2010) são voltados estritamente para automação predial, a qual conta com muitas características já padronizadas, diferentemente do cenário altamente customizado que é o residencial.

Quanto às bases de conhecimento, nesta proposta foram adotadas sete BCs que contém conhecimentos específicos e úteis para determinadas etapas ao longo de todo processo.

### 3.4. Arquitetura do SAR

Levando-se em consideração que diversos SAR disponíveis atualmente no mercado podem ser utilizados para viabilizar os conceitos apresentados neste trabalho (como por exemplo, os SAR apresentados na seção 2.3.) e que outros mais sofisticados e distintos sob alguns aspectos provavelmente irão ainda surgir no mercado, uma arquitetura um tanto quanto genérica necessita ser representada para comportar um

SAR qualquer (desde que este atenda aos requisitos já citados). Uma abordagem simplificada é apresentada na Figura 39.



**Figura 39 - Arquitetura de SAR considerada.**

Fonte: do próprio autor.

No nível abstrato superior estão representados os diversos sistemas ( $S_1, S_2, \dots, S_n$ ) que existem em uma HSAD e que possuem alguma interação com o SAR. Funcionalidades ( $f_1, f_2, \dots, f_n$ ) precisam ser desempenhadas por este SAR, as quais fazem uso do hardware representado no nível inferior da Figura 39. Os dados utilizados nas lógicas das funcionalidades podem ser obtidas por meio de sensores ( $s_1, s_2, \dots, s_n$ ), dispositivos ( $d_1, d_2, \dots, d_n$ ), fontes externas ou até mesmo serem provenientes de outras funcionalidades. Algumas dessas funcionalidades também são responsáveis pelo acionamento de atuadores ( $a_1, a_2, \dots, a_n$ ). Observa-se que de forma conceitual, do ponto de vista do SAR, os elementos contidos no nível inferior passam a ser associados a algum sistema da residência apenas quando uma funcionalidade que os utilizem é definida. Por exemplo: um sensor de presença pertence ao sistema de iluminação ou ao sistema de segurança patrimonial? A resposta para esta pergunta depende das funcionalidades que forem implementadas utilizando este sensor: pode pertencer a um, ao outro, a ambos ou a nenhum destes. Assim, definida a funcionalidade, esta e os elementos a que está associada passam a estar relacionados a sistemas existentes na residência.

Quanto aos níveis intermediários de infraestrutura, os quais podem representar a existência de módulos do SAR, diferentes tipos de

rede / meios físicos, etc., seu detalhamento foi omitido para que a Figura 39 não perca o caráter genérico e podem ser indicados uma vez seja definido o SAR a ser utilizado.

As BCs abordadas neste capítulo, as quais foram criadas com o intuito de auxiliar o processo de implantação podem, conforme já antecipado, ter suas informações utilizadas pelo próprio SAR, desde que para isso estejam em um formato compreensível a este.

A explanação realizada nos parágrafos anteriores tem por objetivo evidenciar o aspecto comparativo entre os itens abordados. Respostas a perguntas como:

“Há algum sistema que é mais importante?”;

“Quais funcionalidades são mais necessárias?”;

“Quais são os elementos de hardware imprescindíveis?”

dependem intrinsecamente da especificidade de cada caso, dos objetivos a serem atingidos pela residência e dos aspectos de E/S abordados no Capítulo 2. Para exemplificar, de acordo com as informações apresentadas naquele capítulo, o sistema de HVAC é (em geral) mais relevante frente ao sistema de iluminação, pois consome mais energia elétrica do que este. Com isso, suas funcionalidades possuem um papel destacado, e por consequência, os elementos de hardware associados a estas passam a ter maior importância dentro da HSAD.

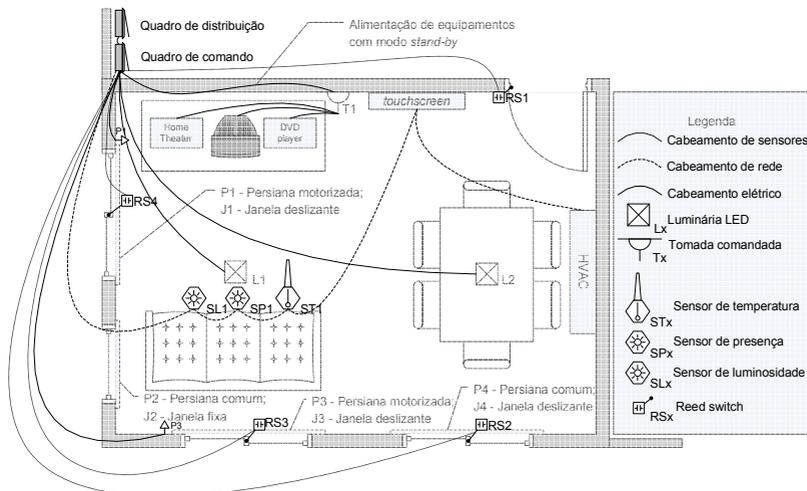
### 3.4.1. Exemplo prático de arquitetura instanciada

No intuito de apenas trazer um exemplo de como é apresentado na prática um projeto de SAR, será representado um projeto parcial de “*wiring plan*”<sup>24</sup> (Figura 40) realizado sobre um caso hipotético. Para tal foi considerado um SAR dotado de rede de comunicação implementada no meio físico “par-trançado”.

Destaca-se que se considerado somente o aspecto visual, o projeto não se difere significativamente de um projeto de SAR realizado em uma residência comum e/ou sem o amparo da metodologia. Isso porque os maiores diferenciais provenientes com este trabalho consistem nas funcionalidades propiciadas pelo SAR e nas decisões de projeto que foram tomadas de acordo com a metodologia, ambas com o intuito de favorecer E/S.

---

<sup>24</sup> No projeto de *wiring plan* não é indicado onde a fiação irá se localizar fisicamente. Ele basicamente apresenta como os elementos estão interligados entre si.

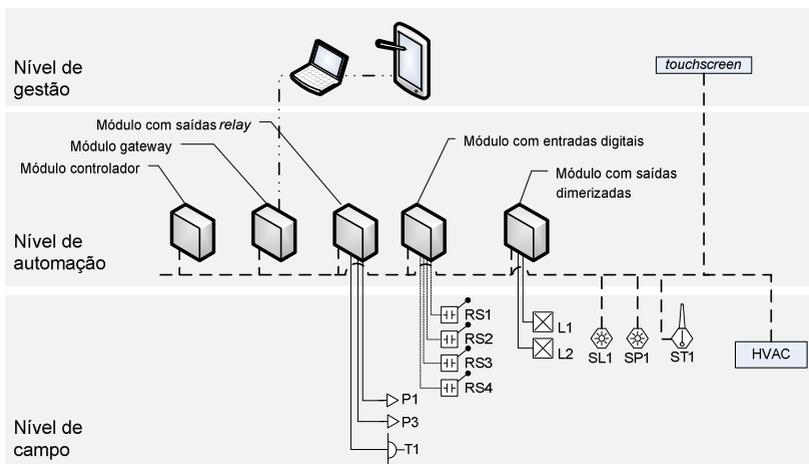


**Figura 40 - Exemplo parcial de *wiring plan* (planta física).**

O quadro de distribuição (que contém os disjuntores da residência) alimenta o quadro de comando, onde ficam os módulos (hardware) do SAR. A este quadro estão conectados três tipos de cabeamento:

- **cabeamento de sensores** (linha pontilhada): ligado a 4 sensores de abertura do tipo *reed switch* (RS1, RS2, RS3 e RS4);
- **cabeamento de rede** (linha tracejada): que interliga os módulos do SAR, um display *touchscreen*, o HVAC e sensores de presença (SP1), luminosidade (SL1) e temperatura (ST1);
- **cabeamento elétrico** (linha contínua): que alimenta as persianas (P1 e P3), uma tomada comandada e duas luminárias LED dimerizáveis.

O SAR relativo ao *wiring plan* exemplificado na Figura 40, estratificado em três níveis (conforme as Figuras 11 e 39), pode ser compreendido em “nível de *deployment*” na Figura 41.



**Figura 41 – Exemplo de SAR em nível de *deployment*.**

O nível de campo reúne os sensores, atuadores e dispositivos (como o caso do HVAC, que via uma interface de comunicação permite o acesso a seus sensores e atuadores). No nível de automação se encontram os módulos (hardware) do SAR, tais como o módulo controlador, o módulo gateway e as expansões (módulo de saídas *relay*, módulo de entradas digitais e módulo de saídas dimerizadas). No nível de gestão estão os dispositivos que permitem tal tipo de atividade, como display *touchscreen* (ligado diretamente à rede de controle), computador ou dispositivo móvel (ligados ao SAR via um *gateway*).



#### 4. ESTUDO DE CASO: O PROJETO “CASA SOLAR FLEX”

O principal meio que motivou e permitiu a implementação prática associada a este trabalho se trata do projeto CSF, protótipo brasileiro que foi concebido para a participação no concurso internacional Solar Decathlon Europe 2010 (SDE 2010).

##### 4.1. Os concursos Solar Decathlon (SD) e Solar Decathlon Europe (SDE)

Sob a responsabilidade do Departamento de Energia dos Estados Unidos<sup>25</sup>, o primeiro concurso SD ocorreu em 2002 no National Mall em Washington, D.C., EUA, e contou com edições bienais no mesmo local em 2005, 2007, 2009 (Figura 42). O concurso consiste em projetar e construir casas energeticamente eficientes que operem apenas com energia solar. Em torno de 20 equipes de universidades de diversas nacionalidades competem em cada edição e são avaliadas em 10 provas que mesclam critérios objetivos (medidos) e subjetivos (SOLAR DECATHLON, 2010).



**Figura 42 - Visitantes das casas participantes da edição SD 2009 – National Mall, Estados Unidos.**

Fonte: (SOLAR DECATHLON, 2010).

---

<sup>25</sup> Mais informações: (U.S. DEPARTMENT OF ENERGY, 2010)

A primeira edição do evento fora dos Estados Unidos, o Solar Decathlon Europe (Figura 43), ocorreu em Madri, Espanha, em junho de 2010. A competição deve ocorrer na Europa também bianualmente (SOLAR DECATHLON EUROPE, 2010).



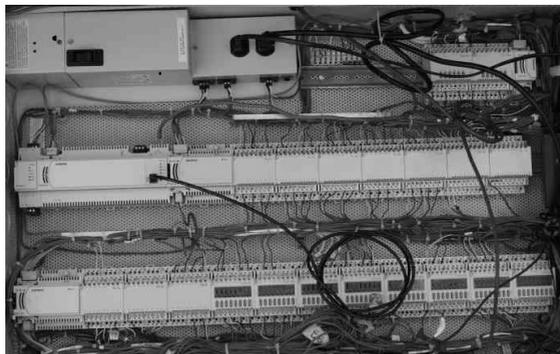
**Figura 43 - SDE 2010 – Junto ao rio Manzanares, Madri – Espanha.**

Fonte: acervo pessoal do autor.

Ambos os eventos despertam interesse de universidades de renome de muitos países e já contaram com inscritos de países como Alemanha, Brasil, Canadá, China, Espanha, Estados Unidos, Finlândia, França, Inglaterra, México, Nova Zelândia e Porto Rico, entre outros.

Estes eventos são também divulgados na mídia dos países-sede e todas as casas podem ser visitadas pela população local. Devido à presença de considerável número de pessoas, é possível se observar o interesse da comunidade no assunto.

As residências construídas para estas competições possuem um elevado nível de emprego de AR, como pode ser observado na Figura 44, que apresenta apenas um dos quadros de comando da residência construída pela equipe “Virginia Tech”, do Virginia Polytechnic Institute & State University – EUA, a qual foi a equipe vencedora do Solar Decathlon Europe 2010.



**Figura 44 - Exemplo de quadro de comando utilizado por equipe participante do SDE 2010.**

Fonte: acervo pessoal.

#### 4.2. O projeto CSF

O projeto CSF (Figura 45) trata-se do protótipo brasileiro de HSAD desenvolvido com a intenção inicial de permitir a participação do país na competição SDE 2010. Ele foi desenvolvido por estudantes de graduação, pós-graduação e professores de universidades públicas de destaque em nível nacional e internacional, tais como UFSC, USP, UFRGS e UFRJ.



**Figura 45 - Imagem renderizada da Casa Solar Flex.**

Fonte: (CASA SOLAR FLEX, 2010).

Trata-se de um projeto pioneiro no país, sendo que conta com as seguintes características que o tornam particular: além de ser uma casa preparada para competição, a CSF é adequada para receber um grande fluxo de visitantes e é uma casa móvel (pois foi projetada para ser desmontada, transportada e realocada), características que são exigidas pelo próprio SDE. Contudo, um dos seus principais propósitos de longo prazo se trata de permitir pesquisas científicas nas diversas áreas relacionadas, dentre elas a AR.

Dentre outras, podem ser evidenciadas as seguintes características presentes na CSF:

1. Conta com um **Gabinete Técnico**, no qual são mantidos os principais equipamentos (quadros elétricos e de comando, inversores de frequência, unidade de condensação do sistema de HVAC, bombas, boiler, etc.). Dessa forma ruído e aquecimento provenientes desses dispositivos possuem influência reduzida no espaço útil da casa;
2. Devido à sua forte característica sustentável e autossuficiente, pode ser instalada em locais que apresentam **infraestrutura bastante limitada** e em ambientes ecologicamente bastante sensíveis;
3. Utiliza **energia solar** para seu suprimento de eletricidade. Como é projetada para que ao longo de um ano possa produzir toda a energia que consome, pode ser considerada uma ZEB;
4. Possui diversas características de **alta eficiência**, como isolamento térmico composto por VIPs e utilização de vidros duplos; iluminação feita completamente com LEDs; etc.;
5. Conta com um **SAR sofisticado** para o gerenciamento da residência.

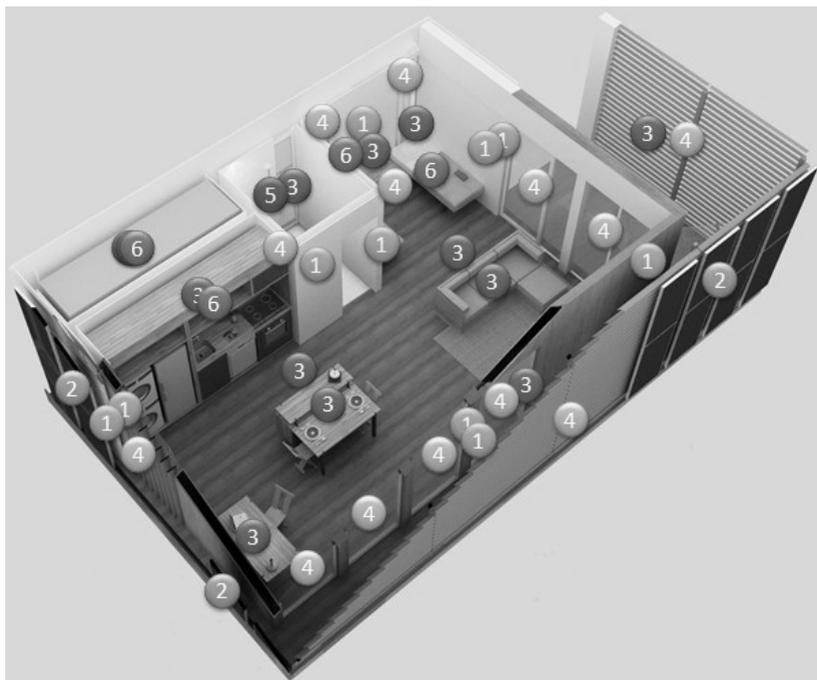
Por razões alheias ao desejo da equipe, o protótipo não pôde ser concluído a tempo para a referida competição. No momento<sup>26</sup> estão sendo adquiridos os materiais / equipamentos restantes e a equipe está trabalhando na compatibilização final entre projetos, cujo protótipo será montado pela primeira vez no IEE-USP.

---

<sup>26</sup> novembro de 2010.

### 4.3. A AR do projeto CSF

O projeto e implementação do SAR da CSF (Figura 46) ficou sob a responsabilidade geral do autor deste trabalho. Como diretrizes gerais, a AR da CSF visa favorecer o funcionamento de uma HSAD ao mesmo tempo em que mantém as características vantajosas comumente proporcionadas pelos SARs. Em outras palavras, procura viabilizar um funcionamento eficiente e sustentável da residência sem que conforto, segurança e integração dos sistemas sejam deixados à parte.



**Figura 46 - Renderização da vista interna da CSF, com ilustração de alguns pontos que contém elementos do SAR.**

Fonte: (CASA SOLAR FLEX, 2010).

Serão apresentadas<sup>27</sup> a seguir as principais características presentes na CSF quanto à AR:

**Muitas informações serão observadas:** sensores irão monitorar diversas variáveis dentro e fora da residência, visando garantir o conhecimento das informações mais relevantes ao funcionamento eficiente e sustentável da casa, bem como ao conforto do usuário.

*Exemplo:* radiação solar, velocidade do vento, temperatura, umidade e qualidade do ar são algumas variáveis que serão continuamente monitoradas e armazenadas.

*Vantagens:* de acordo com as funcionalidades estabelecidas, permite que uma série de decisões sejam tomadas, tanto pelo usuário quanto autonomamente pelo SAR; permite que diversos subsistemas tenham seu desempenho melhorado;

**Interruptores eletrônicos substituirão os interruptores convencionais** (Figura 46, indicadores n<sup>o</sup>1): 10 *keypads* eletrônicos dispostos em rede desempenharão um dos tipos de interface com o usuário. Quando pressionado, cada botão (ao todo 80) envia esta informação para uma central que irá executar os comandos programados.

*Exemplo:* com um único comando se pode apagar todas as lâmpadas que estiverem acesas e se baixar todas as persianas que estiverem abertas.

*Vantagens:* propicia fácil instalação e alteração do comando associado a cada botão (via software); permite aumento do conforto/comodidade de operação;

**Painéis solares laterais terão movimentação autônoma** (Figura 46, indicadores n<sup>o</sup>2): os painéis fotovoltaicos das fachadas irão se movimentar conforme as condições de radiação solar.

*Exemplo:* se caso ao amanhecer os níveis de radiação solar estiverem satisfatórios, os painéis irão se posicionar nas fachadas leste / norte (maior insolação) e irão acompanhar o movimento do sol durante o dia.

*Vantagens:* permite melhores índices de eficiência à geração fotovoltaica; apresenta flexibilidade de configuração física e utilização de poucos painéis fotovoltaicos nas fachadas<sup>28</sup>;

---

<sup>27</sup> Por questões de confidencialidade, não poderão ser apresentados graficamente neste trabalho os projetos do SAR (*drawings*) elaborados para a CSF.

**Toda iluminação será controlada pelo SAR** (Figura 46, indicadores n<sup>o</sup>3): além do fato da CSF utilizar iluminação proporcionada por LEDs de alta eficiência, esta também estará integrada ao sistema de automação, permitindo que qualquer ponto de iluminação seja ligado / desligado / dimerizado conforme comandos do usuário ou devido a dados provenientes de sensores.

*Exemplo:* caso o nível de iluminação de um ambiente estiver abaixo do desejado, a iluminação artificial será acionada somente na potência necessária para atingir a luminosidade adequada. Isso ocorrerá somente se houverem pessoas no ambiente, pois caso contrário, a iluminação será desligada.

*Vantagens:* permite economia de energia elétrica; aumenta o conforto luminotécnico;

**O sombreamento será ajustado automaticamente** (Figura 46, indicadores n<sup>o</sup>4): persianas, *brise-soleils*<sup>29</sup> e rolôs<sup>30</sup> motorizados terão a capacidade de graduar automaticamente a incidência solar, bem como auxiliar no controle da privacidade.

*Exemplo:* caso o nível de iluminação estiver acima do desejado e afetando negativamente o sistema de refrigeração, os *brise-soleils* poderão ser acionados.

*Vantagens:* permite economia de energia elétrica; aumenta o conforto luminotécnico;

**O uso de água será amplamente gerenciado** (Figura 46, indicadores n<sup>o</sup>5): o sistema hidráulico, composto por redes de água quente, água fria e água pluvial estará dotado de bombas, aquecedores elétricos, sensores de vazão e sensores de temperatura.

*Exemplo:* caso a água quente contida no boiler (a qual foi aquecida por placas solares ou com emprego de eletricidade) não propiciar uma temperatura adequada para o banho, o usuário poderá ativar uma função de correção automática de temperatura.

*Vantagens:* permite um amplo gerenciamento dos recursos hídricos; propicia o uso racional de água;

---

<sup>28</sup> Além dos painéis fotovoltaicos localizados nas fachadas, praticamente toda a área superior da residência está coberta com painéis fotovoltaicos.

<sup>29</sup> Quebra-sol, de uso externo.

<sup>30</sup> Um tipo de cortina com movimento vertical.

**O sistema elétrico será monitorado:** haverá diversos sensores capazes de medir dados de geração e consumo de energia elétrica, cujas informações serão utilizadas de diversas formas, como por exemplo, em funcionalidades de comando ou geração de relatórios.

*Exemplo:* caso a geração de energia elétrica estiver satisfatória, poderá ser permitido um emprego maior de energia em condicionamento ambiental se necessário.

*Vantagens:* permite o conhecimento de como a energia elétrica está sendo utilizada no diversos sistemas da residência; propicia o uso racional de energia elétrica;

**O condicionamento de ar estará totalmente integrado** (Figura 46, indicadores nº6): o sistema de Aquecimento, Ventilação e Condicionamento de ar (HVAC) operará sistematicamente com um umidificador e um trocador de ar (composto de um trocador de calor). Além disso, uma série de dados provenientes de sensores tais como temperatura, umidade e qualidade do ar, internos e externos, será utilizada na lógica de comando.

*Exemplo:* caso uma porta ou janela for aberta enquanto o ar-condicionado estiver controlando a temperatura, o usuário será notificado (na tela de controle, por exemplo). Caso nenhuma ação corretiva for executada em um determinado intervalo de tempo, o ar-condicionado será desativado automaticamente para economizar energia.

*Vantagens:* evita desperdícios com eletricidade; simplifica a utilização;

Além dessas características, também podem ser destacadas:

- Monitoração e controle pelo computador ou tela sensível ao toque (*display touch-screen*) e acesso remoto via internet são algumas das possibilidades de gerenciamento da CSF;

- Frente ao número / localização de dispositivos e às necessidades particulares de transporte da CSF, foram projetados três quadros de comando distribuídos fisicamente, porém integrados via rede. Essa abordagem proporciona vantagens como praticidade no transporte, redução de fiação e melhorias em isolamento térmico;

- A grande maioria do cabeamento foi projetada para ficar acima do forro (que é removível), o que permite fácil acesso para instalação / manutenções / expansões e é onde se localizam (teto) diversos pontos necessários (sensores, persianas, etc.);

- Foi adotado um SAR que utiliza o protocolo LonWorks (descrito no Capítulo 2), que entre outros elementos como módulos de I/O, conta com sensores ligados diretamente à rede de comunicação.

Quanto aos sistemas presentes na CSF, os que possuem maior relação com o SAR podem ser assim relacionados:

1. Sistema de telecomunicações (cabearamento estruturado / rede)
2. Sistema fotovoltaico
3. Sistema elétrico
4. Sistema de iluminação e sombreamento
5. Sistema de HVAC
6. Sistema hidráulico
7. Sistemas específicos: movimentação dos painéis da fachada

Em maior ou menor grau, o SAR da CSF está associado a cada um desses sistemas de forma que possa atender as diretrizes gerais, permitindo assim que a HSAD opere de forma integrada. Dessa maneira, funcionalidades que utilizam diversos sistemas e/ou seus dispositivos ao mesmo tempo podem ser executadas simultaneamente, sempre gerenciadas pelo SAR. Além disso, em virtude dessa integração, diversos dispositivos passam a desempenhar mais do que uma funcionalidade, proporcionando serviços adicionais aos originais. O sistema de condicionamento ambiental (HVAC), o qual é o principal item consumidor de energia elétrica nos extremos norte e sul do Brasil (ELETROBRAS e PROCEL, 2007), é um exemplo bastante elucidativo do que a CSF será capaz de propiciar, merecendo uma exemplificação mais detalhada em relação à apresentada anteriormente.

O Sistema de HVAC da CSF é composto por subsistemas de aquecimento e refrigeração, um umidificador e um trocador de ar (entre o ambiente interno e externo, o qual é dotado de um recuperador de calor). Dados sobre horário, temperatura, umidade, qualidade do ar (internos e externos), presença de pessoas no ambiente e estado das aberturas são providos pelo sistema de HVAC e pelo próprio SAR. Informações sobre radiação solar e intensidade do vento são fornecidas pelo sistema fotovoltaico e previsões sobre o clima podem ser obtidas de fontes externas. Entre outras, essas informações são levadas em consideração na lógica de condicionamento ambiental, de forma que bons níveis de conforto sejam obtidos com um uso racional de recursos. Por exemplo: no caso de abertura de uma janela enquanto o ambiente estiver sendo mantido climatizado, uma notificação pode ser dada (por

exemplo, em um *display touchscreen* do SAR) aos moradores para que estes realizem a ação de fechar a janela. Caso isso não ocorra dentro de certo intervalo de tempo, o SAR irá automaticamente interromper o condicionamento ambiental no sentido de evitar desperdícios. Outros exemplos são a desativação do condicionamento ambiental se não for detectada a presença de pessoas durante um intervalo de tempo em uma dada zona climatizada e a antecipação / adiamento de ações baseadas em previsões meteorológicas.

Além do comando dos próprios dispositivos do sistema de HVAC, o sistema de iluminação e sombreamento e o sistema de movimentação dos painéis fotovoltaicos da fachada podem ser acionados em caso de necessidade de redução ou aumento da incidência da radiação solar interna, entre outras possibilidades de integração.

#### 4.4. A utilização da metodologia proposta na CSF

De acordo com a metodologia de pesquisa apresentada na Figura 1, o projeto CSF apresenta uma estreita relação com este trabalho, que se apresenta de duas formas: por um lado, durante a execução das atividades relacionadas à CSF, surgiu a necessidade de um amparo científico e metodológico que pudesse guiar e justificar as decisões de projeto tomadas, o qual não se encontrava disponível. Por outro lado, o aprendizado adquirido com o projeto CSF permitiu que as bases deste amparo pudessem ser melhor compreendidas e, então, desenvolvidas neste trabalho.

Com a metodologia proposta definida e uma vez que suas BCs estejam suficientemente populadas, esta poderá ser aplicada em tempo para agregar alguns aspectos ainda não contemplados e corrigir características não satisfatórias quanto ao projeto do SAR da CSF.

Diante do exposto, considera-se que o mais apropriado para relatar a etapa de implementação deveria ser a reelaboração completa do projeto CSF desde o seu princípio, seguindo a metodologia proposta, para que então, esta pudesse ser comparada no Capítulo 5 com o projeto presente, que até o momento foi realizado sem o amparo formal da metodologia proposta. Entretanto, como as BCs estão em processo de desenvolvimento e ainda não se encontram suficientemente populadas (o que é um trabalho extenso, pois requer muitas informações obtidas com diversos especialistas), os resultados obtidos com a metodologia ainda seriam bastante limitados, não oferecendo condições aceitáveis de comparação.

Porém, como esta metodologia pode ser compreendida como uma formalização científica resultante do aprimoramento dos conhecimentos obtidos com o projeto CSF, julgou-se por conveniente apresentar algumas características do projeto desenvolvido **sem a metodologia**, seguidas de **constatações** a seu respeito, bem como a devida indicação dos principais aspectos que seriam modificados quanto a estas **se o projeto tivesse sido amparado pela metodologia proposta**.

#### 4.4.1. O projeto do SAR da CSF frente à metodologia proposta

A Tabela 4 apresenta alguns aspectos que seriam modificados no projeto CSF caso este tivesse sido executado com o amparo da metodologia proposta.

**Tabela 4 - Exemplo de alterações no projeto do SAR da CSF caso fosse utilizada a metodologia proposta.**

Como o SAR da CSF foi projetado:	O que foi constatado a respeito:	Como o SAR da CSF seria projetado com a utilização da metodologia proposta:	Etapas envolvidas
- Não seguiu uma metodologia formal. Procedimentos foram baseados especialmente em treinamentos realizados junto a instituições/empresas atuantes na área de AR.	- A necessidade da identificação das informações necessárias e o estabelecimento dos passos específicos relevantes ao processo de projeto.	- Os passos seriam executados de forma sistematizada, seguindo um encadeamento apropriado.	todas
- Muitas características e informações de projeto da CSF (externas ao SAR) tiveram que ser consideradas no projeto do SAR.	- Mesmo assim erros/deficiências podem estar presentes. Aspectos podem deixar de ter sido considerados.	- As principais informações estariam mapeadas previamente, permitindo que o seu conhecimento fosse sendo obtido à medida que a metodologia fosse executada.	E1 à E7
- Contou com a colaboração direta de diversos profissionais/especialistas.	- O acesso a eles nem sempre é possível. A importância da criação de BCs bastante completas.	- Estando o conhecimento geral sistematizado e documentado, o integrador teria maior facilidade de acesso à este, podendo considerá-lo em seu projeto de maneira que melhor convir ao caso.	E1 à E7
- Compreensão não muito clara de quais prioridades de projeto do SAR deveriam ser dadas, especialmente para melhorar os aspectos de eficiência e sustentabilidade.	- A necessidade de identificação de quais decisões de projeto trariam mais resultados à eficiência e sustentabilidade. Uma melhor compreensão a respeito do uso de recursos.	- O projeto seria feito com maiores garantias de que eficiência e sustentabilidade seriam favorecidos em virtude de que os principais elementos que causam impactos a estes estariam identificados.	E1 à E7
- Preocupação em disponibilizar todo o hardware necessário para que possa haver flexibilidade na criação de funcionalidades do SAR posteriormente à sua instalação.	- Devido às características especiais da casa, no projeto CSF tal procedimento é algo aceitável. Entretanto em uma HSAD construída essencialmente para moradia deve-se proceder com uma escolha de dispositivos mais criteriosa.	- Os elementos de hardware teriam uma importância mais bem definida já na fase de projeto.	E5 e E6
- Todas persianas projetadas são do tipo automatizada (motorizada, sem opção de acionamento totalmente humano)	- Obriga o usuário a gastar energia elétrica toda a vez que uma persiana tenha que ter sua posição alterada. - É interessante que o usuário possa alterar a incidência solar sem gastar de energia elétrica.	- Seria recomendada a substituição de algumas persianas automatizadas por manuais.	E8

Com base nessas inferências qualitativas apresentadas, observa-se que mesmo sem as BCs estarem disponíveis, a simples formalização da metodologia já apresentou indicativos de que mudanças de projeto necessitariam ser feitas. Isso mostra que, quando passível de ser aplicada integralmente, um projeto de SAR para HSAD desenvolvido com a metodologia poderá apresentar diferenciais positivos quanto aos aspectos de E/S frente a um projeto desenvolvido sem o amparo desta.



## 5. AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Além da comparação realizada no Capítulo 3 entre a metodologia proposta e as demais metodologias para implantação de SARs (apresentadas no Capítulo 2), este capítulo procura analisar **se a pergunta de pesquisa** formulada no Capítulo 1, enunciada em “*Como implantar AR em uma HSAD de forma que o atendimento a requisitos de eficiência e sustentabilidade sejam potencializados?*” **é verificada pela hipótese** “*A utilização de uma metodologia direcionada que oriente o processo de implantação de um SAR em uma HSAD possibilita que sejam obtidas melhoras significativas nos benefícios que o conjunto pode proporcionar em termos de eficiência e sustentabilidade*”.

Sendo assim, para o contexto deste trabalho se destacou a possibilidade de dois tipos de avaliação: uma comparação entre projetos (projeto *versus* projeto) e uma comparação entre HSADs (HSAD *versus* HSAD). Em ambos os casos seria feito um confronto entre os resultados obtidos com e sem a metodologia.

### 5.1. Definição de indicadores de desempenho

Para propiciar as comparações mencionadas, faz-se necessária a definição de indicadores de desempenho, os quais podem ser tanto indicadores de desempenho *objetivos / quantitativos* quanto *subjetivos / qualitativos*. Estes indicadores devem ser preferencialmente relacionados a aspectos de E/S associados à HSAD, porém outros possam ser de interesse para a avaliação. Sendo assim, foram definidos três grupos de indicadores: indicadores de desempenho **gerais**, indicadores de desempenho **relacionados à eficiência** e indicadores de desempenho **relacionados à sustentabilidade**. No total, foram identificados **22 indicadores de desempenho** de utilidade a este trabalho.

#### 5.1.1. Indicadores de desempenho gerais

Como indicadores de desempenho gerais se enquadram aqueles que são de utilidade para a avaliação da metodologia, porém não estão relacionados a aspectos de E/S. Foram identificados **12 indicadores** relevantes, os quais foram agrupados em quatro categorias: os utilizados na comparação entre projetos e os utilizados na comparação entre

HSADs, sendo estes subdivididos em critérios objetivos / quantitativos e subjetivos / qualitativos, os quais estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 5 - Indicadores de desempenho gerais.**

	Objetivos/quantitativos	Subjetivos/qualitativos
<b>Projeto x Projeto</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tempo total de execução de projeto</li> <li>- Número de erros de projeto observados na revisão final</li> <li>- Número de passos/informações omitidas observadas na revisão final de projeto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificuldade de execução de projeto</li> <li>- Nível de confiança no projeto</li> <li>- Gravidade dos erros de projeto observados na revisão final</li> <li>- Gravidade dos passos/informações omitidas observadas na revisão final de projeto</li> </ul>
<b>HSAD x HSAD</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de erros de projeto observados durante a implantação</li> <li>- Número de erros de projeto observados durante a operação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nível de satisfação geral do usuário</li> <li>- Gravidade dos erros de projeto observados durante a implantação</li> <li>- Gravidade dos erros de projeto observados durante a operação</li> </ul>

### 5.1.2. Indicadores de desempenho relacionados à eficiência

Conforme o entendimento quanto à palavra *eficiência* apresentado no Capítulo 1, para a HSAD ser considerada eficiente ela necessita “*fazer bem algo sem desperdício de tempo ou dinheiro*”. Ou seja: não basta algo ser feito rapidamente ou economicamente, mas também que o seja de maneira bem feita. Da mesma forma, não basta algo ficar bem feito se para isso é empregado tempo ou dinheiro de maneira desnecessária. O uso de alguns recursos acaba sendo englobado por essa definição em virtude de que são comumente pagos, como acontece com a água potável e energia elétrica: ao se desperdiçar qualquer um deles, há desperdício de dinheiro e, portanto, se perde eficiência. Abstraindo-se a compreensão quanto a esta definição há, todavia, um entendimento comum de que uma casa eficiente é aquela que usa de maneira adequada os recursos que necessita, sejam eles pagos ou não.

Uma ZEB é eficiente mesmo se usar quantias absurdamente grandes de energia renovável? A resposta depende do objetivo: elas são energeticamente eficientes com relação a combustíveis fósseis e emissões de CO<sub>2</sub>, mas são provavelmente uma grande perda de recursos (especialmente dinheiro) (MEIER *et al.*, 2002, p.8).

É o que acontece no caso da produção local de energia (por exemplo, via energia fotovoltaica), que embora sem ser paga diretamente, precisa ser usada eficientemente.

Com base no exposto, pode-se admitir que *o SAR contribuirá para a eficiência da HSAD se ele, de algum modo, auxiliar satisfatoriamente na execução de ações sem que recursos, tempo ou dinheiro sejam desperdiçados*. Sendo assim, foram identificados **5**

**indicadores** de desempenho específicos para avaliar os impactos da metodologia proposta quanto ao aspecto de eficiência, os quais são apresentados na Tabela 6.

**Tabela 6 - Indicadores de desempenho relacionados à eficiência.**

	Objetivos/quantitativos	Subjetivos/qualitativos
Projeto x Projeto		- Relevância para a eficiência de cada funcionalidade projetada
HSAD x HSAD	- Índice de eficiência individual - obtido para cada sistema - Índice de eficiência global - obtido para a HSAD	- Nível de satisfação do usuário com relação à eficiência - Nível de aprendizado do usuário com relação à eficiência

### 5.1.3. Indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade

Os indicadores de desempenho quanto à sustentabilidade visam, na prática, verificar essencialmente se a metodologia proposta proporciona ao SAR melhorias quanto à utilização de recursos em uma HSAD.

Sendo assim, pode-se admitir que *o SAR contribuirá para a sustentabilidade da HSAD se ele, de alguma maneira, colaborar para um uso mais adequado de seus recursos.* Com base nisso, foram identificados **5 indicadores** de desempenho específicos para avaliar os impactos da metodologia proposta quanto ao aspecto de sustentabilidade, os quais são relacionados na Tabela 7.

**Tabela 7 - Indicadores de desempenho relacionados à sustentabilidade.**

	Objetivos/quantitativos	Subjetivos/qualitativos
Projeto x Projeto		- Relevância para a sustentabilidade de cada funcionalidade projetada - Nível de satisfação do usuário com relação à sustentabilidade
HSAD x HSAD		- Nível de aprendizado do usuário com relação à sustentabilidade - Nível de sustentabilidade individual - avaliado para cada sistema - Nível de sustentabilidade global - obtido para a HSAD

### 5.2. Restrições quanto à execução das avaliações

Apesar de fornecer os resultados mais evidentes (por serem os resultados práticos finais), observa-se que uma avaliação HSAD *versus* HSAD é inviável no momento por diversas razões, dentre elas a inexistência de uma HSAD construída que tenha o projeto do SAR realizado de acordo com a metodologia (conforme justificado no Capítulo 4, por razões externas a este trabalho ainda não foi possível a conclusão do protótipo CSF). Dessa forma, uma avaliação considerada ideal não é possível de ser conduzida nesta fase<sup>31</sup>, restando-se apenas a possibilidade de ser executada uma avaliação entre projetos, a ser ponderada a seguir.

<sup>31</sup> Estas avaliações serão encaminhadas no momento oportuno dentro viabilidade de testes propiciada pelo projeto CSF, a serem publicadas em trabalho futuro.

Esta segunda possibilidade de avaliação (feita em nível de projeto) é, portanto, mais acessível. Entretanto, conforme antecipado no Capítulo 4, a inexistência de BCs suficientemente populadas no momento restringe a execução da metodologia de forma satisfatória. Assim não é possível na fase atual a obtenção de um projeto completo de SAR para HSAD que seja feito de forma adequada plenamente de acordo com a metodologia. Sendo assim, uma avaliação formal em nível de projeto também não é possível de ser conduzida no momento.

### 5.3. Considerações

Apesar de que as avaliações científicas para os indicadores de desempenho identificados não possam ser conduzidas formalmente no momento, as constatações feitas até então indicam que os resultados alcançáveis são bastante promissores. Isto porque o simples fato de que uma execução metódica da atividade de projeto em contexto, a qual é amparada por um volume considerável de informações específicas e pertinentes, aumenta as chances de que equívocos de projeto venham a ser evitados. Devido especialmente à característica de alta eficiência necessária em uma HSAD, estes equívocos, quando presentes, podem apresentar um impacto bastante prejudicial ao funcionamento desta. Como estes projetos envolvem um grande número de informações que necessitam ser manipuladas e consideradas apropriadamente, é de se convir que a chance de que equívocos venham a ocorrer seja bem maior em um projeto conduzido de forma não sistematizada.

*Dessa forma, observa-se que o presente trabalho apresenta o devido potencial para tratar satisfatoriamente a problemática em contexto, sendo capaz de, no mínimo, evitar que aspectos importantes no projeto de SARs para HSADs, referentes à eficiência e sustentabilidade, deixem de ser considerados. Com isso se reduz a probabilidade de ocorrência de equívocos de projeto, conseqüentemente melhorando as chances de que aspectos de eficiência e sustentabilidade sejam favorecidos satisfatoriamente.*

Sendo assim, conclui-se que a hipótese é verificada quanto ao aspecto de obtenção de melhorias no que se refere à E/S de uma HSAD, porém o quão significativas elas se apresentarão irá depender da avaliação dos indicadores de desempenho propostos.

## 6. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

Prometo que, no cumprimento do meu dever de engenheiro de controle e automação, não me deixarei cegar pelo brilho excessivo da tecnologia, esquecendo-me completamente de que trabalho para o bem do homem e não da máquina; respeitarei a natureza, evitando projetar ou construir equipamentos que destruam o equilíbrio ecológico ou poluam; colocarei todo o meu conhecimento científico a serviço do conforto e desenvolvimento da humanidade; assim sendo, estarei em paz comigo e com Deus<sup>32</sup>.

O desenvolvimento deste trabalho permitiu ao acadêmico o contato com duas áreas bastante destacadas no contexto tecnológico atual: SARs e HSADs. Permitiu também a possibilidade de formular uma proposta para associá-las de uma maneira que seja favorecida a obtenção em residências de dois aspectos de interesse crescente por parte da sociedade: eficiência e sustentabilidade.

A oportunidade da participação de uma equipe brasileira em competições internacionais entre residências eficientes e sustentáveis demonstra parte do empenho que as instituições públicas de ensino superior do Brasil estão realizando neste sentido. O apoio que diversas empresas de renome internacional estão dando para iniciativas do gênero, não só no Brasil como no exterior, demonstra que há justificativas comerciais para a ampliação e consolidação deste conceito de habitação considerado mais harmônico, tanto para as necessidades atuais, quanto para as futuras. Entretanto, mais esforços por parte dos órgãos governamentais devem ser realizados em termos de incentivos para pesquisas nas áreas correlacionadas, tanto com relação à divulgação da necessidade dessas pesquisas, quanto sob o aspecto financeiro, já que os custos envolvidos são consideravelmente elevados.

O trabalho interdisciplinar é uma característica bastante evidente para a abordagem da problemática associada a este conceito de habitação. Profissionais de diversas formações, tais como engenharias (Controle e Automação, Computação, Elétrica, Mecânica, Civil, etc.) arquitetura e ecologia, devidamente capacitados em áreas como conforto ambiental, energia fotovoltaica, hidráulica, etc. são necessários para que,

---

<sup>32</sup> Juramento proferido pelos formandos 2007/2 do curso de Engenharia de Controle e Automação da UFSC durante a respectiva solenidade de Colação de Grau, realizada em 26 de abril de 2008.

em conjunto, possam vencer o desafio de construir habitações cada vez melhores.

Com relação aos objetivos específicos deste trabalho, destaca-se que: os requisitos funcionais específicos de SARs para HSADs foram identificados (Capítulo 1); também foram caracterizados SARs comerciais adequados a HSADs e ao emprego da metodologia (Capítulo 2). Além disso, foram identificadas as diretrizes adequadas quanto ao SAR de uma HSAD (Capítulo 3); Por fim, o mapeamento dos grupos de informações relevantes ao emprego da metodologia também foi realizado, que culminou na formalização da metodologia proposta, sendo esta representada de forma gráfica (Capítulo 3).

Dessa forma, todos objetivos específicos foram contemplados, sendo, portanto, atingido o objetivo geral de *desenvolver uma metodologia aplicável ao processo de implantação de um SAR que permita o aumento dos benefícios em termos de eficiência e sustentabilidade que este sistema pode proporcionar a uma HSAD.*

Apesar das BCs não estarem suficientemente populadas e de que as avaliações científicas quanto aos indicadores identificados ainda não puderam ser conduzidas, a simples inferência qualitativa realizada quanto ao estudo de caso realizado demonstrou o potencial que a metodologia proposta possui de evitar que equívocos de projeto venham a ocorrer, favorecendo consequentemente os aspectos de E/S.

### 6.1. Conclusões a respeito de habitações eficientes e sustentáveis dotadas de automação residencial

A humanidade se encontra em um momento em que dispõe de tecnologia e conhecimentos capazes de propiciar uma grande evolução na forma em que as residências são projetadas, construídas e utilizadas.

[...] À medida que nós nos tornamos mais conscientes destes desafios, nós estamos aos poucos construindo um momento<sup>33</sup> coletivo, não apenas na direção de resolver esses problemas, mas na direção de reconhecer as oportunidades que eles nos oferecem. Estas oportunidades podem nos levar a uma nova geração de construções e comunidades que são saudáveis, produtivas e que aumentam nossa qualidade de vida. (MENDLER *et al.*, 2006, p.1).

---

<sup>33</sup> Na conotação utilizada em Física.

Percebe-se que eficiência (predominantemente energética, especialmente energia elétrica) e sustentabilidade são duas das principais diretrizes que estão norteadando a concepção deste novo conceito de habitação.

Neste contexto, a AR se mostra como um dos elementos-chave capazes de propiciar o cumprimento de uma série de requisitos específicos e a obtenção de diversas vantagens em residências desse gênero, ao mesmo tempo em que auxilia no atendimento de um amplo conjunto de demandas da sociedade atual. Além disso, observa-se que para a obtenção da sustentabilidade residencial é preciso se utilizar adequadamente os recursos necessários, não só no processo construtivo, mas principalmente durante a vida útil das habitações.

De acordo com o exposto neste trabalho, um projeto de implantação de um SAR em uma HSAD que siga critérios específicos, de acordo com uma metodologia fortemente atrelada a BCs orientadas à eficiência, sustentabilidade e à gestão das informações residenciais, traz maiores benefícios aos usuários, ao funcionamento global da residência e ao ambiente onde esta está inserida.

Eficiência e sustentabilidade nas residências são, portanto, grandes tendências e necessidades que a humanidade terá de resolver satisfatoriamente, e a AR pode contribuir significativamente nesse sentido.

## 6.2. Contribuições científicas

Dentre as contribuições científicas obtidas com o presente trabalho podem ser destacadas:

- a. A formalização do processo de projeto e implantação de SARs em HSADs;
- b. A orientação para a criação dos protótipos das BC para este processo;
- c. A elaboração de uma metodologia direcionada à sustentabilidade e eficiência que permite que SARs sejam implantados em HSADs de forma que:
  - a. não sejam omitidas informações relevantes;
  - b. conduza as atividades em uma sequência correta;
  - c. funcionalidades, equipamentos e orientações de instalação sejam definidas levando-se em consideração critérios de eficiência e sustentabilidade.

### 6.3. Trabalhos futuros

Como sugestão de trabalhos futuros foram identificados os seguintes:

- a. Realizar pesquisas para popular as BCs com todo o conhecimento necessário para a utilização da metodologia;
- b. Aplicar a metodologia proposta e realizar as avaliações científicas indicadas no Capítulo 4;
- c. Elaborar um protótipo de uma ferramenta computacional para a gestão das BC (possivelmente um sistema especialista), no intuito de propiciar um grau de automação do processo;
- d. Mapear quais estratégias permitem que HSADs possam ter suas características de alta eficiência no uso de recursos melhoradas por meio do uso de SARs sem que aspectos de conforto ambiental sejam desprezados, avaliando-as;
- e. Desenvolver estudos sobre E/S intrínseca a SARs, como por exemplo, avaliar em que circunstâncias seu consumo energético constante é justificável frente aos benefícios que pode propiciar.

Para finalizar, o autor acredita que os projetos, estudos, pesquisas e exemplos existentes na atualidade referentes ao tema abordado nesse trabalho representam os primeiros passos do que nos aguarda o futuro a respeito das residências. Estas pesquisas dão sinais de que as habitações tendem a ser bastante promissoras quanto à melhoria em certos aspectos de qualidade de vida, ao mesmo tempo em que causam baixos impactos negativos ao ambiente. Entretanto, para concretizar essa tendência, grandes desafios ainda necessitam ser satisfatoriamente vencidos, tais como projeto colaborativo multidisciplinar; elevados níveis de sustentabilidade e eficiência; compatibilidade transparente entre equipamentos e presença de dispositivos pervasivos, de operação intuitiva, dotados de alta inteligência e que sejam capazes de propiciar diversos serviços de alto valor agregado. Estas são apenas algumas das frentes de trabalho que ainda demandarão esforços consideráveis para viabilizar este cenário de “residência verdadeiramente inteligente” hoje apenas idealizado.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. 2010. Disponível em: < <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/Evolucao.pdf> > Acesso em: 27/09/2010.

ALDOMONTE, S. Enhancing teaching and learning of sustainable design through ICTs. Education Technology and Computer (ICETC), 2010 2nd International Conference on, 2010. 22-24 June 2010. p.V2-27-V2-31.

BARRETO, D. Perfil do consumo residencial e usos finais da água. **Ambiente Construído**, v. 8, n. 2, p. 23-40, 2008.

BOLZANI, C. A. M. **Residências Inteligentes: um curso de domótica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004. ISBN 85-88325-25-X.

BRIERE, D.; HURLEY, P. **Smart Homes For Dummies**. New York: Wiley Publishing, Inc., 2003. ISBN 0-7645-2539-5.

CASA SOLAR FLEX. 2010. Disponível em: < <http://www.sdbrasil.org/siteptbr/> > Acesso em: 24/11/2010.

CHUN-YU, C.; YU-PING, T.; SHU-CHEN, L. et al. Implementing the design of smart home and achieving energy conservation. Industrial Informatics, 2009. INDIN 2009. 7th IEEE International Conference on, 2009. 23-26 June 2009. p.273-276.

COOK, D.; DAS, S. **Smart Environments: Technology, Protocols and Applications (Wiley Series on Parallel and Distributed Computing)**. Wiley-Interscience, 2004.

DHOPLE, S. V.; EHLMANN, J. L.; MURRAY, C. J. et al. Engineering systems in the gable home: A passive, net-zero, solar-powered house for the U. S. Department of Energy's 2009 Solar Decathlon. Power and Energy Conference at Illinois (PECI), 2010, 2010. 12-13 Feb. 2010. p.58-62.

DIBOWSKI, H.; PLOENNIGS, J.; KABITZSCH, K. Automated Design of Building Automation Systems. **Industrial Electronics, IEEE Transactions on**, v. 57, n. 11, p. 3606-3613, 2010. ISSN 0278-0046.

DIPAOLA, S. **Residential Integrator's Basics**. Clifton Park: Thomson Delmar Learning, 2007. ISBN 1-4180-1407-9.

DIVISÃO DE IMPRENSA DA ELETROBRAS. 2007. Disponível em: < <http://www.eletrobras.com/elb/data/Pages/LUMISEB7EA1A1ITEMID44F7E9599D/A046239C97072CC1E4206FPTBRIE.htm> > Acesso em: 27/09/2010.

ECHELON. 2010. Disponível em: <  
<http://www.echelon.com/communities/energycontrol/developers//lonworks/>  
[http://www.echelon.com/products/lonworks\\_platform.htm](http://www.echelon.com/products/lonworks_platform.htm) > Acesso em:  
30/11/2010.

ELETROBRAS/PROCEL. Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo 2007. Disponível em: < <http://www.eletrabras.com/pci/main.asp> > Acesso em: 27/09/2010.

ELETROSUL. Projeto Casa Eficiente. 2004. Disponível em: <  
<http://www.eletrosul.gov.br/casaeficiente/br/home/index.php> > Acesso em:  
16/12/2010.

ELOY, S.; NUNES, R.; PLÁCIDO, I. et al. Methodology for the Integration of Information Communication and Automation in Housing Rehabilitation. In: AUGUSTO, J. C. C., J.M.; NOVAIS, P.; ANALIDE, C., ISAmI 2010 - International Symposium on Ambient Intelligence, 2010. Universidade do Minho, Guimarães, Portugal. Springer.

FERREIRA, F.; OSÓRIO, A. L.; CALADO, J. M. F. et al. **Building automation interoperability – A review**. IWSSIP 2010 - 17th International Conference on Systems, Signals and Image Processing 2010.

GALVÃO, J. R. B. **Avaliação da relação pressão x consumo, em áreas controladas por válvulas redutoras de pressão (VRPs). Estudo de caso: Rede de distribuição de água da região metropolitana de São Paulo**. 2007. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

JAHN, M.; JENTSCH, M.; PRAUSE, C. R. et al. The Energy Aware Smart Home. Future Information Technology (FutureTech), 2010 5th International Conference on, 2010. 21-23 May 2010. p.1-8.

JORNAL O GLOBO. 2010. Disponível em: <  
<http://oglobo.globo.com/economia/mat/2010/02/02/consumo-de-energia-eletrica-no-pais-bate-recorde-historico-915769583.asp> > Acesso em: 14/10/2010.

JUNG, C. F. **Metodologia Científica - Ênfase em Pesquisa Tecnológica**. 3a ed. revisada e atualizada 2003.

KILBERT, C. J. **Sustainable Construction – Green Building Design and Delivery**. 2nd Ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2008.

KNX. 2010. Disponível em: < <http://www.knx.org> > Acesso em: 29/11/2010.

LEEDY, P. **Practical Research - Planning and Design**. Prentice Hall, 1997.

LONMARK. 2010. Disponível em: < <http://www.lonmark.org> > Acesso em: 30/11/2010.

MAYER, D.; KÓS, J. R.; RABELO, R. J. et al. Implantação de automação residencial em Habitações Sustentáveis de Alto Desempenho: a Casa Solar Flex e a gestão de informações. in: MACHADO, Denise P. et al. (org). I Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, 2010. Rio de Janeiro: PROURB, 2010. [CD-ROM].

MEIER, A.; OLOFSSON, T.; LAMBERTS, R. What Is an Energy-Efficient Building? , in: Anais/IX Encontro Nacional de Tecnologia do ambiente construído, 2002. Foz do Iguaçu. 07 a 10 de maio.

MENDLER, S.; ODELL, W.; LAZARUS, M. A. **The HOK guidebook to sustainable design**. 2nd ed. Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2006.

MERZ, H.; HANSEMANN, T.; HÜBNER, C. **Building Automation - Communication Systems with EIB/KNX, LON and BACnet**. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 2009.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME / EMPRESA DE PESQUISA DE ENERGIA - EPE. Balanço Energético Nacional 2009: Ano Base 2008. Rio de Janeiro 2009. Disponível em: < [http://www.mme.gov.br/mme/arquivos/balanco\\_energetico\\_nacional/2\\_-\\_BEN\\_2009\\_Ano\\_Base\\_2008/BEN\\_2008\\_Completo\\_Portugues.html](http://www.mme.gov.br/mme/arquivos/balanco_energetico_nacional/2_-_BEN_2009_Ano_Base_2008/BEN_2008_Completo_Portugues.html) > Acesso em: 28/09/2010.

OXFORD ONLINE. 2011. Disponível em: < <http://www.oxfordadvancedlearnersdictionary.com/dictionary/efficiency> > Acesso em: 09/01/2011.

PLOMP, J.; TEALDI, P. **Ambient intelligent technologies for wellbeing at home. Proceedings of the 2nd European Union symposium on Ambient intelligence**. Eindhoven, Netherlands: ACM: 81-82 p. 2004.

RUNDE, S.; HEIDEMANN, A.; FAY, A. et al. Engineering of building automation systems; State-of-the-art, deficits, approaches. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2010 IEEE Conference on, 2010. 13-16 Sept. 2010. p.1-8.

SAIZMAA, T.; HEE-CHEOL, K. Smart Home Design: Home or House? , Convergence and Hybrid Information Technology, 2008. ICCIT '08. Third International Conference on, 2008. 11-13 Nov. 2008. p.143-148.

SILVA, E. L. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4a ed. revisada e atualizada. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOLAR DECATHLON. 2010. Disponível em: < <http://www.solardecathlon.gov/> > Acesso em: 23/11/2010.

SOLAR DECATHLON EUROPE. 2010. Disponível em: < <http://www.sdeurope.org/> > Acesso em: 23/11/2010.

TORCELLINI, P.; PLESS, S.; DERU, M. et al. Zero Energy Buildings: A Critical Look at the Definition. California2006. Disponível em: < <http://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39833.pdf> > Acesso em: 31/01/2011.

TSUTIYA, M. T. **Abastecimento de água**. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006.

U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. 2010. Disponível em: < <http://www.energy.gov/> > Acesso em: 23/11/2010.

VAZQUEZ, F. I.; KASTNER, W. Usage profiles for sustainable buildings. Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA), 2010 IEEE Conference on, 2010. 13-16 Sept. 2010. p.1-8.

WELLS, Q. **Guide to Digital Home Technology Integration**. Clifton Park: Delmar, Cengage Learning, 2009. ISBN 978-1-4354-0062-7.

WINKELMAN, P. 2009. Disponível em: < <http://www.automatedbuildings.com/news/mar09/articles/distech/090219023638distech.htm> > Acesso em: 22/01/2011.