

MARCOS VELOSO DE OLIVEIRA

**MEDIÇÃO E SUBMEDIÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS PREDIAIS
ATRAVÉS DA TECNOLOGIA KNX**

São Paulo

2013

MARCOS VELOSO DE OLIVEIRA

MEDIÇÃO E SUBMEDIÇÃO DE ENERGIA EM SISTEMAS PREDIAIS ATRAVÉS DA TECNOLOGIA KNX

Monografia apresentada como exigência para obtenção do Título de Especialista em Energia Renovável, Geração Distribuída e Eficiência Energética, no Programa de Pós-Graduação Lato Sensu do Programa de Educação Continuada em Engenharia (PECE), da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

Área de concentração: Energias Renováveis

Orientador: Prof. Eduardo Yoshimoto

São Paulo

2013

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Professor Eduardo Ioshimoto agradeço pelo apoio, disposição e ajuda prestada na elaboração deste trabalho.

Aos colegas, amigos e demais professores do curso de Especialização em Eficiência Energética, Regulação e Geração Distribuída da Universidade de São Paulo, por toda amizade e ajuda concedida ao longo do curso.

RESUMO

O estudo do caso a ser abordado tem como objetivo demonstrar as diversas aplicações para a medição geral e submedição de energia elétrica em ambientes prediais. O presente trabalho visa explicar o que é a tecnologia KNX e como ela vêm se consolidando nos grandes projetos. Esta monografia apresenta a integração entre ambas às disciplinas de medição de energia elétrica e automação predial, mostrando qual a importância de utilização de sistemas inteligentes para controle e automação da energia.

Palavras-chave: KNX. Medição de Energia. Automação Predial.

ABSTRACT

The study aims to demonstrate the various applications for measuring general and sub-metering of electricity in building environments. This paper aims to explain what the KNX technology and how it has been consolidated in large projects. This paper presents the integration of both disciplines measuring electricity and building automation, showing how important the use of intelligent systems for control and automation of energy.

Keywords: KNX. Energy Metering. Building Automation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1: ÁREAS DE APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS KNX, LONWORKS E BACNET....	12
FIGURA 2: MODELO HIERÁRQUICO DE PROTOCOLOS PARA AUTOMAÇÃO PREDIAL ...	17
FIGURA 3: LOGOS PROTOCOLOS ANTECESSORES AO KNX.....	19
FIGURA 4: LOGO PROTOCOLO KNX.....	20
FIGURA 5: <i>SOFTWARE</i> DE PARAMETRIZAÇÃO KNX	21
FIGURA 6: FORMATO DO ENDEREÇO FÍSICO.....	22
FIGURA 7: FORMATO DO ENDEREÇO DE GRUPO.....	23
FIGURA 8: ESTRUTURA DE INTERLIGAÇÃO ENTRE PONTOS DE DADOS E ENDEREÇOS DE GRUPO.....	26
FIGURA 9: ESQUEMA ENTRE REDE KNX E REDE ELÉTRICA.....	27
FIGURA 10: FONTE DE ALIMENTAÇÃO KNX 640MA.....	28
FIGURA 11: ACOPLADOR KNX.....	29
FIGURA 12: CONCEPÇÃO DE LINHA KNX	31
FIGURA 13: CONCEPÇÃO UMA SEGUNDA LINHA KNX	32
FIGURA 14: CONCEPÇÃO DE UMA ÁREA KNX	33
FIGURA 15: TOPOLOGIA KNX	34
FIGURA 16: MEDIDOR A43	36
FIGURA 17: ESTRUTURA OMS.....	38
FIGURA 18: ESTRUTURA DE COMUNICAÇÃO ATRAVÉS DO <i>GATEWAY</i>	39
FIGURA 19: COMPOSIÇÃO ATUADOR DE ENERGIA SE/S 3.16.1.....	43
FIGURA 20: ATUADOR DE ENERGIA SE/S 3.16.1.....	44
FIGURA 21: INTERFACE UNIVERSAL US/U4.2	45
FIGURA 22: PARÂMETROS ATUADOR DE ENERGIA SE/S 3.16.1	46
FIGURA 23: PARÂMETROS INTERFACE UNIVERSAL US/U4.2.....	47
FIGURA 24: ENDEREÇOS DE GRUPO E OBJETOS DE GRUPO	48
FIGURA 25: LIGAÇÃO FÍSICA ENTRE DISPOSITIVOS KNX.....	49
FIGURA 26: VISUALIZAÇÃO CONSUMO DE POTENCIA ATIVA.....	49
FIGURA 27: VISUALIZAÇÃO DE VARIÁVEIS ELÉTRICAS	50
FIGURA 28: ESQUEMA DE INSTALAÇÃO KNX EM UM PAVIMENTO TIPO	52
FIGURA 29: ESQUEMA DE INSTALAÇÃO KNX NO QUADRO DE AUTOMAÇÃO.....	53
FIGURA 30: CONEXÃO DOS PAVIMENTOS CONTROLADOS ATRAVÉS DO KNX	54

LISTA DE TABELAS

TABELA 1: DESCRIÇÃO DE ALERTAS.....	25
-------------------------------------	----

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AA	Acoplador de Área
AL	Acoplador de Linha
ANSI	American National Standards Institute
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers
AVAC	Aquecimento Ventilação e Ar Condicionado
BACnet	Building Automation and Control networks
BCI	Batibus Club International
CENELEC	Committee of Electrotechnical Standardization
DALI	Digital Addressable Lighting Interface
DPT	Data Point Type
EHSA	European Home System Association
EIBA	European Installation Bus Association
ETS	Engineering Tool Software
GSM	Global System for Mobile Communication
HMI	Human Machine Interface
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IP	Internet Protocol
ISO	International Standard Organization
KNX	Konnex
LED	Light-Emitting Diode
M-bus	Metering bus

MUC	Multi Utility Communication Controller
OMS	Open Metering Standard
PC	Personal Computer
PL110	Power Line 110
RF	Radio Frequency
RL	Repetidor de Linha
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
SML	Smart Message Language
TP1	Twisted Pair 1
USB	Universal Serial Bus
VRF	Volume de Refrigerante Variável

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	OBJETIVOS	13
1.2	JUSTIFICATIVA	13
1.3	METODOLOGIA.....	14
1.4	ESTRUTURA DA MONOGRAFIA	14
1.5	REVISÃO DA LITERATURA	15
2	VISÃO GERAL DA REDE KNX	19
2.1	Associação KNX.....	19
2.2	Meios de transmissão KNX	20
2.3	Ferramenta de Engenharia de <i>Software</i> (ETS)	21
2.4	Comunicação KNX	21
2.4.1	Endereço Físico.....	22
2.4.2	Endereço de Grupo	23
2.4.3	Objetos de Grupo	24
2.4.4	Alertas (<i>Flags</i>)	24
2.4.5	Tipos de Ponto de Dados (<i>Datapoint Types</i>).....	25
2.5	Topologia de rede.....	26
2.5.1	Fontes de Alimentação de <i>bus</i>	28
2.5.2	Acopladores.....	29
2.5.3	Pontos Endereçáveis (Dispositivos)	30
2.5.4	Composição de Linha	30
3	MEDIÇÃO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS.....	35
3.1	Definições sobre medição de energia	36
3.1.1	Medidor Inteligente	36
3.1.2	Medição Inteligente	37
3.1.3	Submedição.....	39
4	ESTUDO DE CASO	41
4.1	Definição.....	41
4.2	Característica	41
4.3	O PROJETO.....	42
4.3.1	Estudo do <i>Hardware</i>	42

4.3.2	Programa.....	45
4.3.3	Resultados.....	48
4.4	exemplo de projeto em um ambiente predial.....	51
4.5	Resultados finais	54
5	CONCLUSÕES	56
	REFERÊNCIAS.....	58

1 INTRODUÇÃO

A história dos sistemas em barramento, ou *bus*, começou em meados dos anos sessenta com desenvolvimento do primeiro computador. Os sistemas em *bus* foram desenvolvidos para realizar a conexão dos componentes internos dos computadores para disponibilizar informações sobre os mesmos.

Esta tendência continuou ao longo dos anos e com a introdução efetiva da computação, foram criados os *bus* externos permitindo que uma rede de computadores localizados em ambientes diferentes pudessem ser conectados. Entretanto os sistemas *bus* até então desenvolvidos eram proprietários e não havia interoperabilidade entre equipamentos de diferentes fabricantes.

Com a introdução dos PC's (*Personal Computers*) nos anos oitenta, os sistemas *bus* não atendiam mais as demandas dos clientes, pois estes estavam exigindo sistemas abertos.

A função dos sistemas *bus* naquela época era conectar diferentes sistemas, com passar dos anos e atualmente não são os sistemas *bus* que conectam diferentes dispositivos de uma instalação, mas o próprio sistema é a instalação. Este é o exemplo do então chamado KNX (*Konnex*), onde os dispositivos participantes da rede já estão conectados através do *bus* e todos eles falam o mesmo protocolo (SIEMENS SWITZERLAND LTD, 2013; WAGO KONTAKTTECHNIK GMBH & CO. KG, 2013).

Em Junho de 1987 a Sociedade Americana de Aquecimento, Refrigeração e Ar condicionado (ASHRAE), começou o desenvolvimento do protocolo BACnet (Building Automation Control Networks), com intuito de suprir as necessidades que o mercado exigia de sistemas abertos. Em 1991, foi divulgada a primeira revisão do protocolo BACnet, onde diversos países mostraram interesse pelo protocolo, com passar dos anos mais países mostraram interesse no protocolo, onde empresas norte americanas estavam na linha de frente do protocolo.

Em 1995 o processo de normatização do protocolo BACnet começou e após 8 meses foi aprovado pelo Instituto de Normas Nacionais Americanos (ANSI).

Baseado em um protocolo aberto o BACnet possui basicamente dois tipos de meio de transmissão cabo (par de fios) ou via IP (*Internet Protocol*), normalmente em projetos novos soluções do tipo IP são adotadas. A interoperabilidade do sistema está relacionada ao fato de que o BACnet utiliza variáveis padrões para sua comunicação, onde qualquer componente a princípio está apto a interpretar qualquer informação.

Fisicamente os componentes com protocolo BACnet tem quatro tipos de conexões que são entradas e/ou eáidas analógicas e entradas e/ou saídas digitais, que permitem que cargas e/ou sensores possam ser controlados.

Mesmo sendo um protocolo aberto e normatizado o BACnet não tem um *software* de configuração padrão independente de fabricante, ou seja cada fabricante é responsável pela sua ferramenta de configuração, fazendo com que haja certa dificuldade quando diferentes produtos de diferentes fabricantes precisam ser conectados (BACNET ORGANIZATION, 2013).

Outra tecnologia para sistemas prediais é o conhecido LonWorks desenvolvido pela Enchelon Corporation em meados de 1988. Da mesma forma que outras tecnologia e protocolos a concepção do LonWorks é de um sistema aberto e normatizado onde diversas empresas tem a possibilidade.

O coração do sistema é um *chip* conhecido como Neuro chip, atualmente duas empresas são homologadas pela Enchelon como fornecedores deste componente que são Motorola e Toshiba. Dentro deste componente todas as informações relacionadas a tecnologia são armazenadas.

A topologia de rede do LonWorks é de livre composição, ou seja, pode-se criar a rede em qualquer tipo de topologia, fato que viabiliza uma grande flexibilidade desde planejamento até a execução do projeto.

Outro fator importante para tecnologia LonWorks é que a comunicação pode ser estabelecida pelos mais variados meios, cabo par trançado, IP, *power line*, cabo coaxial.

Similarmente ao BACnet o LonWorks também trabalha com objetos padrões que viabilizam a interoperabilidade entre diferentes fabricantes (ENCHELON CORPORATION, 2013).

Como demandado pelo mercado houve a necessidade de se criar tecnologias abertas para que estas pudessem atender as demandas das novas construções em termos de controle e automação, na teoria todos os protocolos podem atender todas as demandas que um determinado projeto necessita, porém as concentrações em desenvolvimento tem-se mostrado diferentes, como mostrado na figura abaixo.

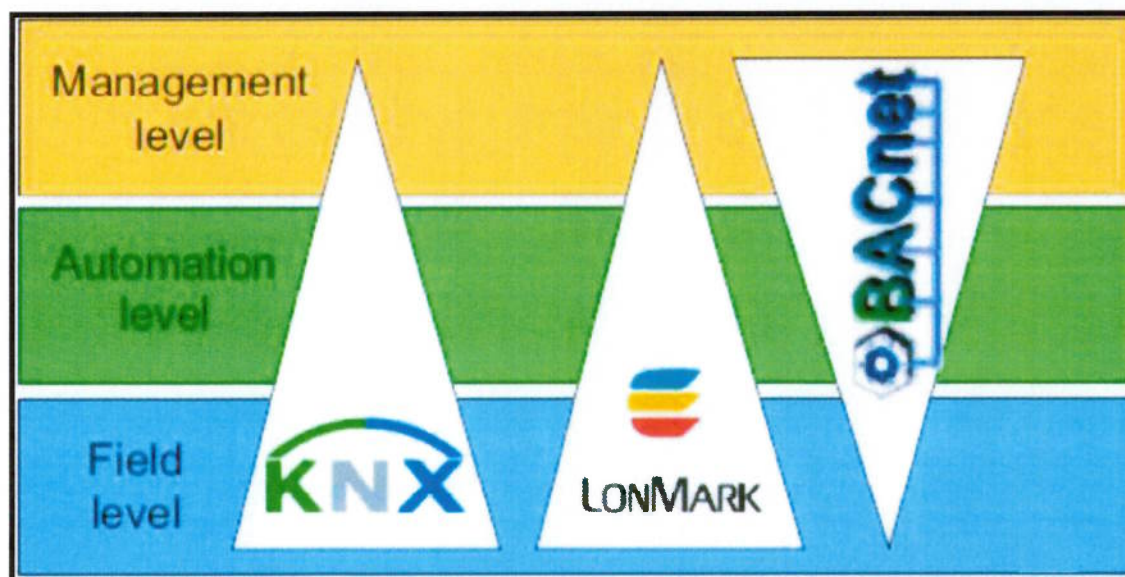


Figura 1: Áreas de aplicação das tecnologias KNX, LonWorks e BACnet

Fonte: Nývlt, 2011

Na Revisão da literatura é apresentado em mais detalhes o que cada área de aplicação significa, mas basicamente pode-se dividir a automação predial em sistemas complexos e de gerenciamento (*Management Level*), sistemas de nível intermediário e controle de processos locais (*Automation Level*) e sistemas de sensoriamento e atuação no campo (*Field Level*). Desta forma como cada sistema tem uma qualidade para determinada área é raro encontrar sistemas que são totalmente completos e ideias para todas as funções de automação dentro de um prédio, o que torna a integração de diferentes sistemas muito comum mundialmente.

1.1 OBJETIVOS

Os sistemas atuais utilizados em edifícios para medição de energia são aplicados de forma macro, ou seja, medição de uma única variável global, o que em termos de detecção de falhas e auxílio em possíveis melhorias no gerenciamento e consumo energético são de pouca ajuda. Para que haja melhora na detecção dos reais pontos que podem ser otimizados o ideal é a utilização de um sistema que possibilite não somente a medição global, mas também a submedição, onde diversos sistemas poderão ser monitorados individualmente e o comportamento do ambiente predial poderá ser estudado de forma assertiva. Pretende-se nesse trabalho analisar um sistema teórico e prático que visa demonstrar essa aplicação de medição e submedição de energia através da tecnologia KNX.

1.2 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a necessidade do monitoramento e gerenciamento das variáveis elétricas de um edifício, faz-se necessário o acompanhamento dos mesmos a fim de obter uma fotografia real de como este ambiente se comporta em relação ao consumo energético. Não é novidade que os investimentos em eficiência energética são uma oportunidade para o Brasil, que implicam em grandes benefícios econômicos e ambientais. Além deste benefícios, pode-se citar que com o uso correto da energia elétrica a produtividade bem como o bem-estar e qualidade do ambiente envolvido serão elevados consideravelmente (INEE, 1997).

Surge a oportunidade de explorar sistemas com funcionalidades de medição de energia que se adequem as necessidades de diversos empreendimentos, e caso necessários, possam ser adaptados, flexibilizados, expandidos as necessidades de cada parte do projeto em questão.

Com a aplicação da tecnologia correta qualquer ambiente predial terá a flexibilidade que necessita, além da garantia de funcionalidade, interoperabilidade e fácil expansão ao longo dos anos agregadas as informações necessárias sobre o consumo de energia entre outras variáveis

elétricas de forma precisa (ABB STOZ-KONTAKT 2012; KNX ASSOCIATION, 2012).

1.3 METODOLOGIA

Foi analisado um *hardware* e *software* capaz de interpretar diversas variáveis elétricas como, tensão, corrente, potência e que irão ser enviadas para um supervisor, para isso foi pesquisado um dos fabricantes de produtos com tecnologia KNX, como a ABB.

O fundamento que caracteriza o protocolo KNX é a interoperabilidade, ou seja, um protocolo aberto onde qualquer desenvolvedor é capaz de integrar o seu componente a uma rede KNX, desde que esse siga os padrões do protocolo. O *hardware* a ser estudado será o atuador de energia, SE/S3.16.1, do fabricante ABB. Este componente é um atuador relé com três canais onde cada canal tem a capacidade de informar através do protocolo KNX diversos dados elétricos como, tensão, corrente e potência.

O *software* supervisor será capaz de interpretar as informações enviadas pelo atuador de energia e disponibilizá-las em forma numérica e segregada por canal.

1.4 ESTRUTURA DA MONOGRAFIA

O presente trabalho é composto por cinco capítulos. O primeiro é a Introdução, que apresenta os objetivos do trabalho e definições dos estudos e análises a serem desenvolvidos, e uma visão geral do tema abordado. No segundo capítulo, denominado Visão Geral da Rede KNX, são apresentados conceitos e estruturas da rede KNX visando exemplificar itens fundamentais para o funcionamento da rede.

O Capítulo de Medição de Energia em Edifícios é o terceiro capítulo onde serão apresentados características e aplicações correntes na disciplina de medição de energia aplicada em prédios.

O penúltimo capítulo Estudo de Caso relata o funcionamento e aplicação do projeto físico onde deverão ser mostrados os resultados obtidos.

Para o quinto e último capítulo as conclusões do resultado de todo o trabalho são mostrados, integrando estes ao proposto como idéia principal.

1.5 REVISÃO DA LITERATURA

O nível de automação em edifícios tem crescido vertiginosamente ao longo dos anos. Este fato não decorre apenas da procura por conforto e facilidade, mas também aos benefícios alcançados nas áreas de economia e gerenciamento de energia. Considerando que em empreendimentos comerciais o conceito de flexibilidade é relevante, os novos empreendimentos devem ser desenvolvidos de tal forma que possa ser adaptado facilmente para atender a demanda de seus usuários.

Em tempo de crise no mercado financeiro, muitas empresas têm como suas metas, por exemplo, à redução de gastos com energia elétrica, onde existem diversas aplicações, sistemas e mudanças de hábitos que são otimizados para que o consumo de energia elétrica seja reduzido.

Atualmente muitas empresas estão substituindo seus circuitos de iluminação para lâmpadas e reatores muitos mais eficientes, como lâmpadas do tipo T5 ou mesmo lâmpadas LED (*Light-Emitting Diode*), em outras áreas como aquecimento, ventilação, ar condicionado (AVAC), muitos empreendimentos estão utilizando novas tecnologias como o recente sistema de volume de refrigerante variável (VRF), que permite que o sistema de ar condicionado possa ser utilizados de acordo com a carga térmica de cada ambiente, além de já incorporar automação e inteligência para esse tipo de controle.

Em conjunto com essas melhorias que já são uma realidade em edifícios, surge a possibilidade e não somente mudar os componentes elétricos de um prédio, mas também realizar uma medição com mais detalhes sobre cada sistema ou mesmo ambiente, tipo de carga (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012; HONEYWELL, 1995).

A construção de projetos utilizando a tecnologia KNX se tornou algo padrão de projeto na Europa, oriente médio e Ásia, pois traz um nível de automação, controle, gerenciamento e informação ao nível de campo, ou nível de utilização dos ambientes, complementando os controles centrais. Através

desta tecnologia com base em uma norma e protocolo aberto os sistemas de automação passaram a ser totalmente abertos, permitindo ao cliente final ou investidor escolher e ter a garantia de funcionalidade dos sistemas controlados através do KNX.

O KNX é um protocolo de comunicação aberto que foi criado para sistemas de automação, este protocolo é normatizado e qualquer fabricantes de dispositivos eletrônicos pode ser membro KNX.

Entretanto, o KNX não é a única tecnologia utilizada para funções que incorporam algum tipo de automação ou inteligência e é de suma relevância diferenciar as áreas de aplicação que cada protocolo atua.

O modelo hierárquico para automação e sistemas de controle prediais é dividido basicamente em três níveis:

- Nível de campo (*Field Level*) – Sensores, atuadores e controladoras basicamente voltados para aplicações dedicadas, por exemplo, sensores de presença, nível e luminosidade;
- Nível de automação e processamento – Execução e sistemas de controle (SCADA, HMI e Banco de dados);
- Nível de gerenciamento e informação – Sistemas de visualização computadorizados que incluem comunicação com todos os dispositivos da rede permitindo o monitoramento, gerenciamento, análise e atuação na rede;

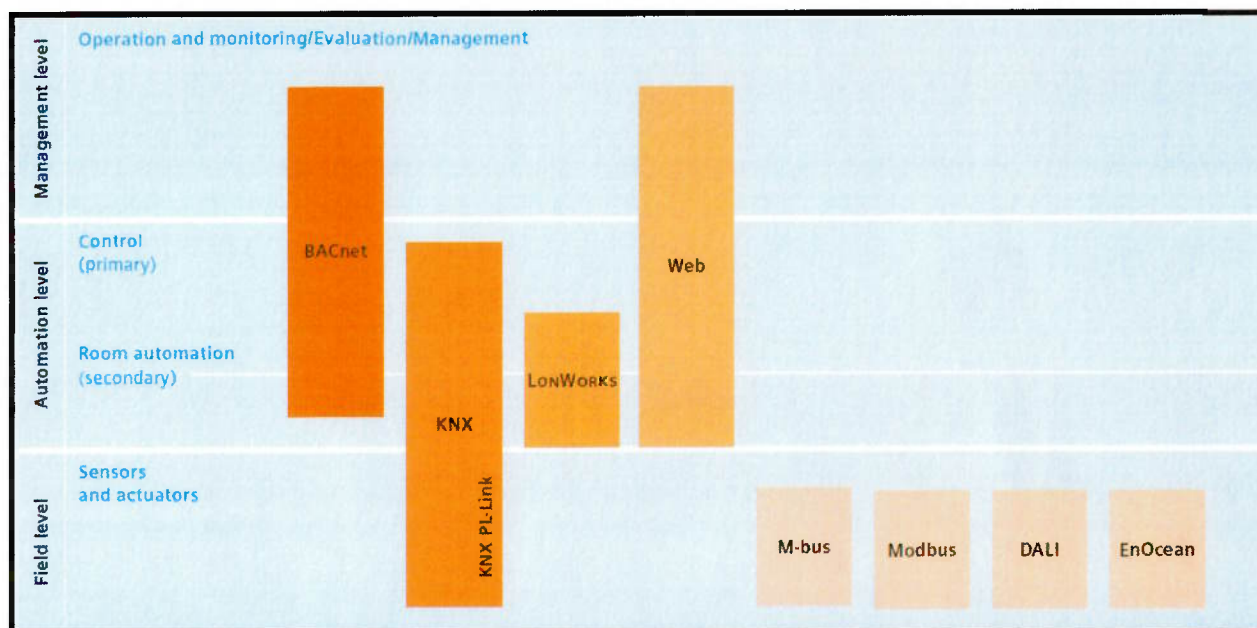


Figura 2: Modelo hierárquico de protocolos para automação predial

Fonte: Siemens, 2013

A figura 2 mostra que há basicamente duas divisões no modelo hierárquico que são:

- Protocolos complexos (BACnet, KNX, LonWorks e Web): Protocolos normatizados que comumente utilizados para automação predial. Estes protocolos estão frequentemente atrelados a desenvolvimentos em conjunto com pesquisas acadêmicas;
- Protocolos especializados (M-bus, Modbus, DALI, EnOcean): Normalmente são protocolos desenvolvidos para função dedicada, por exemplo o protocolo DALI é utilizados somente em sistemas de iluminação.

Apesar da grande variedade de protocolos e tecnologias disponíveis no mercado internacional devido à grande influência americana que o mercado brasileiro vive os protocolos BACnet e LonWorks são os mais relevantes participantes neste mercado.

O desenvolvimento do protocolo BACnet começou em meados dos anos 80 nos Estados Unidos através da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*) com foco para a

automação predial como o próprio nome já relaciona *Building Automation and Control networks*. Atualmente o protocolo é reconhecido pelas normas ISO 16484-5 e ANSI/ASHRAE 135. Apesar de suportar diversas aplicações dentro de um edifício o BACnet é muito utilizado para sistemas de gerenciamento e automação de processos.

Mesmo sendo um protocolo normatizado o BACnet ainda não há garantia de compatibilidade entre diferentes fabricantes, ou seja, há necessidade de sempre se trabalhar com o mesmo fornecedor de dispositivo. Outra desvantagem é o fato que não haver uma única ferramenta comum para configuração da rede, então cada fabricante tem que desenvolver seu software configuração (BACNET ORGANIZATION, 2013).

Em diversificação ao BACnet a plataforma LonWorks que utiliza o protocolo LonTalk foi desenvolvida em meados do anos 90 e sua função principal não era a automação predial, mas sim uma plataforma de aplicação universal, pode-se citar aplicações como sistema de controle de metro e trens e sistemas de controle e monitoração de iluminação pública.

Da mesma forma que o BACnet o LonWorks também é reconhecido pelas normas ISO/IEC 14908-1-4, ANSI/IEC 709.1-B, ANSI/ASHRAE 135-1995, IEEE 1473-L, AAR ECP, EN 14908-1, GB/Z 20177.1-2006.

No modelo hierárquico o LonWorks é aplicado principalmente nos níveis de automação e campo. Sua principal desvantagem é a dependência de um *chip* chamado de Neuron *chip* que é de fabricação exclusiva.

Da mesma forma que o BACnet e o LonWorks o KNX também é uma tecnologia utilizada para automação predial e controle de sistemas de automação que abrange uma gama de aplicações e tem diferenciais importantes se comparados aos outros protocolos (ENCHELON CORPORATION, 2013; KNX ASSOCIATION, 2012; SIEMENS SWITZERLAND LTD, 2013).

A tecnologia KNX é apresentada em mais detalhes no Capítulo 2.

2 VISÃO GERAL DA REDE KNX

2.1 ASSOCIAÇÃO KNX

Responsável por todos os assuntos relacionados ao protocolo KNX, a *KNX Association* (Associação KNX) é um grupo normativo com matriz em Bruxelas. A associação foi formada em 1999 através da junção das associações europeias da época que promoviam sistemas de automação predial e residencial como:

- *BatiBUS Club International* (BCI) grupo formado na França;
- *European Installation Bus Association* (EIBA) grupo formado na Bélgica;
- *European Home System Association* (EHSA) grupo formado na Holanda;



Figura 3: Logos protocolos antecessores ao KNX

Fonte: *KNX Association*, 2012

A Associação KNX tem a responsabilidade de garantir que a tecnologia KNX seja realmente aberta, independente de fabricante, consolidação da marca como um padrão internacional para automação predial e residencial através de regras bem definidas para os membros do grupo KNX, como homologação de qualquer dispositivo que foi desenvolvido com protocolo KNX para garantir que este segue suas premissas.



Figura 4: Logo protocolo KNX

Fonte: *KNX Association*, 2012

No ano de 2003, a tecnologia KNX foi aprovada pelo *European Committee of Electrotechnical Standardization* (CENELEC) como padrão europeu para sistemas eletrônicos prediais e residenciais como parte da norma EN50090. O então já conhecido padrão KNX também foi aprovado pela CENELEC, norma EN13321-1, como meio de transmissão e protocolo e para transmissão de dados através da rede IP (*Internet Protocol*) KNXnet/IP pela norma EN13321-2.

Em 2006, a tecnologia KNX foi aprovada pela ISO (*International Standardization Organization*), norma ISO/IEC14543-3, como padrão internacional. Em 2007, a norma chinesa GB/Z incorporou a referência ISO pela norma GB/Z20965 (KNX ASSOCIATION, 2012).

2.2 MEIOS DE TRANSMISSÃO KNX

As informações da rede KNX podem trafegar basicamente por quatro meios com padrões especificados pela Associação KNX, que são:

- *Twisted Pair1* (TP1) – Conhecido como *bus* KNX consiste basicamente de um cabo do tipo par trançado blindado com dois pares de fios rígidos;
- *Powerline110* (PL110) – Comunicação através da rede elétrica existente, através do *power line communication*;
- *Radio Frequency* (RF) – Comunicação sem fio (*wireless*);
- *Internet Protocol* (IP) – Comunicação através da rede *ethernet*;

2.3 FERRAMENTA DE ENGENHARIA DE SOFTWARE (ETS)

Como parte das atividades desenvolvidas pela Associação KNX está o desenvolvimento da ferramenta de *software* para parametrização de qualquer dispositivo homologado KNX. O *Engineering Tool Software* (ETS), atualmente em sua quarta versão, ETS4, é a única interface onde os dispositivos KNX podem ser colocados efetivamente em funcionamento. O *software* ETS está em constantes melhorias e é adquirido exclusivamente através da Associação KNX (KNX ASSOCIATION, 2012).

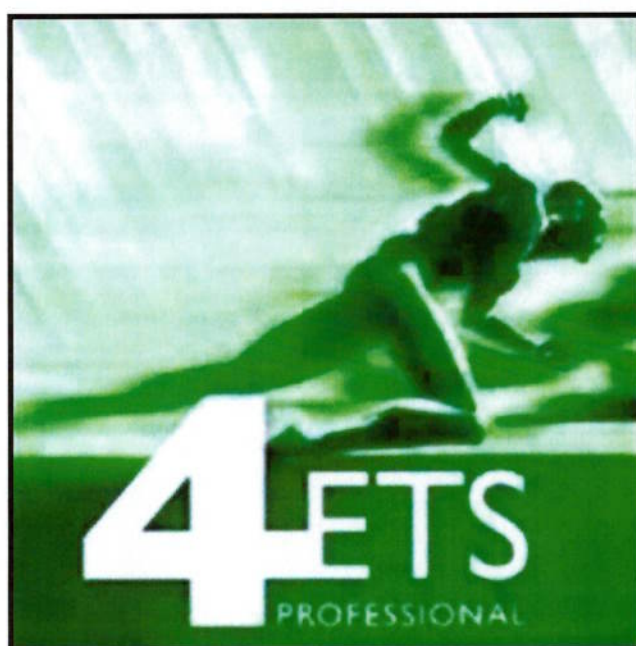


Figura 5: *Software* de parametrização KNX

Fonte: KNX Association, 2012

2.4 COMUNICAÇÃO KNX

Como ilustrado anteriormente, existem basicamente quatro tipos de meios onde os dados ou telegramas da rede KNX trafegam, o mais usual e comum entre as instalações é a utilização do TP1, ou *bus* KNX. Para uma configuração mínima da através do *bus* KNX é necessário:

- Fonte de alimentação KNX (29Vcc);
- Bobina/Filtro (normalmente integrada(o) a fonte de alimentação KNX);

- Sensor (um simples sensor de pressão, pulsador);
- Atuador (um simples atuador relé, liga/desliga);
- Cabo *bus* (um único par de fios é necessário);

Após a conexão do *bus* KNX nos módulos a rede KNX ainda não está preparada para o funcionamento até que o(s) sensor(es) e atuador(es) sejam devidamente parametrizados através da ferramenta ETS.

2.4.1 Endereço Físico

Este é o primeiro passo para que um componente KNX possa ser colocado em funcionamento. O *individual address* nada mais é que o endereço físico de um dispositivo KNX dentro da rede.

Obrigatoriamente o *individual address* é único em toda a rede KNX, a atribuição deste é feita através do ETS, pressionando o botão de programação disponibilizado nos dispositivos KNX.

Composto de dois *bytes*, o endereço físico tem o seguinte formato:

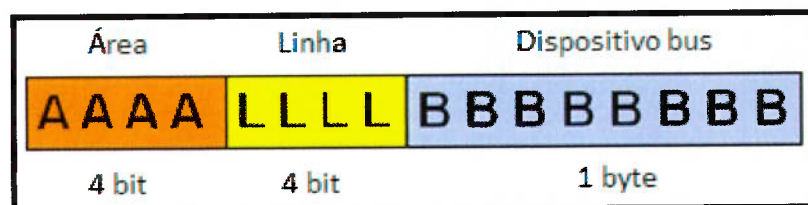


Figura 6: Formato do endereço físico

Fonte: *KNX Association*, 2012

O endereço físico dos componentes da rede KNX além de identificar individualmente cada dispositivo da rede, é útil para diagnóstico de funcionamento, detecção de erros e modificação da rede.

Durante a operação padrão da instalação o endereço físico não tem relevância (KNX ASSOCIATION, 2012; MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C., 2009).

2.4.2 Endereço de Grupo

A comunicação entre os dispositivos de uma instalação KNX é feita através dos Endereços de Grupo (*Group Address*). Os Endereços de Grupo são os *links* que efetivamente trafegam no *bus* KNX e que carregam consigo o telegrama ou informação da instalação.

Os endereços de grupo podem ser estruturados de três formas básicas, com duas divisões, Grupo Principal (*Main Group*) e Subgrupo (*Subgroup*), com três divisões Grupo Principal, Grupo Intermediário (*Middle Group*) e Subgrupo ou com livre estrutura. Estas divisões são ferramentas úteis para classificar e identificar a qual área ou tipo de função um determinado grupo de endereço faz parte, por exemplo:

- *Main Group* = Andar;
- *Middle Group* = Função principal (liga/desliga, dimerização, sobe/desce, etc);
- *Subgroup* = Função por circuito ou grupo (iluminação sala de reunião liga/desliga, nível potência tomadas, etc);



Figura 7: Formato do endereço de grupo

Fonte: *KNX Association*, 2012

Os atuadores podem “escutar” diversos telegramas, já os sensores podem enviar apenas um grupo de endereço por telegrama (KNX ASSOCIATION, 2012; MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C., 2009).

2.4.3 Objetos de Grupo

Os Objetos de Grupo (*Group Objects*) são resumidamente as funções que determinado dispositivo KNX disponibiliza, por exemplo, um atuador relé KNX contém Objetos de Grupo que tem a função de ligar ou desligar os relés em questão. Os Objetos de Grupo são posições de memória dentro do *hardware*, onde o tamanho desses objetos determina qual o tipo de função que os grupos podem fazer, por exemplo, uma função simples de ligar e desligar tem dois estados, zero e um, então o Objeto de Grupo para esta função requer apenas *1 bit*. Por outro lado os telegramas que contém textos requerem um Objeto de Grupo de *14 bytes*, que também é o tamanho máximo para alocação.

Somente é possível atrelar a um determinado Grupo de Endereço Objetos de Grupo que tenham o mesmo tamanho (KNX ASSOCIATION, 2012; MERZ, H., HANSEMANN, T., HÜBNER, C., 2009).

2.4.4 Alertas (*Flags*)

Os Alertas determinam para os Objetos de Grupo quais as características que este tem dentro de um telegrama, de forma simples, se o telegrama é de leitura (atuador, dimer, saída analógica) ou escrita (pulsador, sensor, medidor).

Os Alertas que cada Objeto de Grupo pode ter são os seguintes:

Nome do Flag	Seleção	Funcionalidade
COMUNICAÇÃO (Communication)	Ativado	O objeto de grupo tem acesso direto ao <i>bus</i> .
	Desativado	Os telegramas são reconhecidos. Não há alteração de objeto de grupo.
LEITURA (READ)	Ativado	Os objetos/valores podem ser lidos através do <i>bus</i> .
	Desativado	Os objetos/valores NÃO podem ser lidos através do <i>bus</i> .
ESCRITA (WRITE)	Ativado	Os objetos/valores podem ser alterados através do <i>bus</i> .
	Desativado	Os objetos/valores NÃO podem ser alterados através do <i>bus</i> .
TRANSMITIR (TRANSMIT)	Ativado	Um telegrama é transmitido quando um objeto/valor é modificado no sensor.
	Desativado	O objeto de grupo irá enviar uma resposta somente na requisição de leitura.
ATUALIZAR (UPDATE)	Ativado	Telegramas de respostas são entendidos como comando de escrita atualizando o valor do objeto de grupo.
	Desativado	Telegramas de respostas NÃO são entendidos como comando de escrita, não há atualização no valor do objeto de grupo.
LEITURA NA INICIALIZAÇÃO (READ ON INIT)	Ativado	O dispositivo envia um comando de leitura do objeto de grupo depois do retorno de corrente.
	Desativado	Depois do retorno de corrente o dispositivo NÃO inicializa o valor do respectivo objeto de grupo.

Tabela 1: Descrição de alertas

Fonte: *KNX Association*, 2012

Em circunstâncias normais não há necessidade de alterar as configurações de fábrica dos Objetos de Grupo (KNX ASSOCIATION, 2012; MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C., 2009).

2.4.5 Tipos de Ponto de Dados (*Datapoint Types*)

Os *Datapoint Types* (DPT), ou Ponto de Dados, são dados, sequências binárias, normatizados pela Associação KNX, que descrevem o tipo de função que um Objeto de Grupo faz, por exemplo, o DPT 1.001, é único para funções binárias do tipo comutação, ou seja, liga e desliga. A Figura 6 mostra como é a interligação entre os DPT's e os endereços de grupo através do *software* ETS.

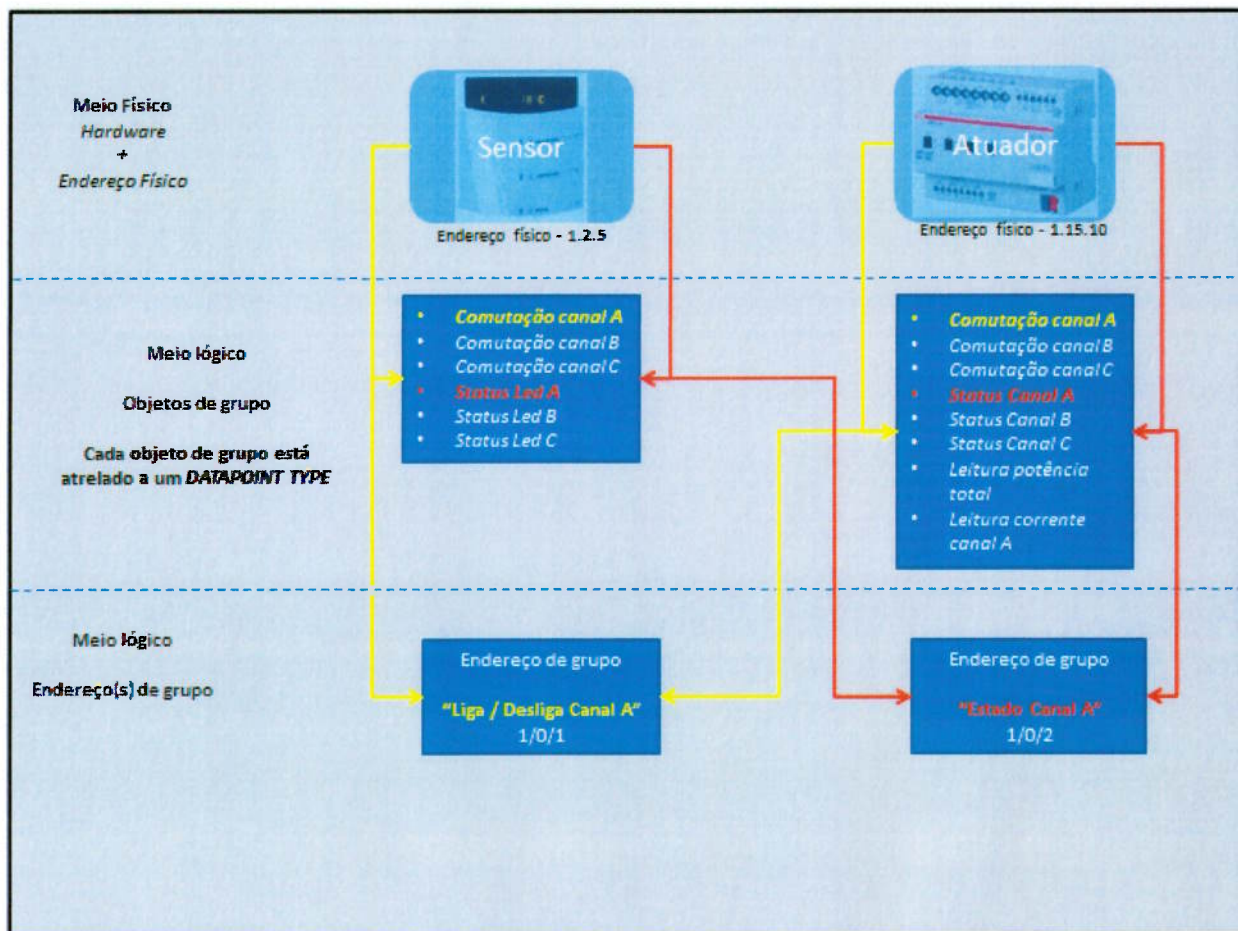


Figura 8: Estrutura de interligação entre pontos de dados e endereços de grupo

Fonte: Acervo próprio

Para cada tipo de função existe um *Datapoint Type* padronizado que está formatado de acordo com as normas da Associação KNX. São esses dados padronizados que permitem a interoperabilidade entre diferentes fabricantes de componentes KNX, pois qualquer equipamento homologado deve ter incorporado em seu *hardware* as informações relevantes de DPT's necessárias para seu funcionamento (KNX ASSOCIATION, 2012; MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C., 2009).

2.5 TOPOLOGIA DE REDE

Segundo Hansemann e Hübner (2009), como toda a rede básica de eletricidade, uma instalação KNX também precisa de uma rede de

alimentação elétrica para energização das cargas a serem controladas. Entretanto, a rede KNX também tem uma rede de comunicação de dados, ou telegramas, esta rede é conhecida como instalação *bus* KNX.

Tanto a rede elétrica convencional quanto a rede KNX estão isoladas galvanicamente, este também é um item normativo da Associação KNX.

A topologia de rede é determinada no estudo do projeto em questão e descrever onde e de qual forma os equipamentos de um sistema estão conectados fazendo uso de diagramas de rede.

Uma rede KNX pode ser criada respeitando diversos tipos de topologias como, linha, estrela e a mais utilizada em ambientes prediais topologia em árvore.

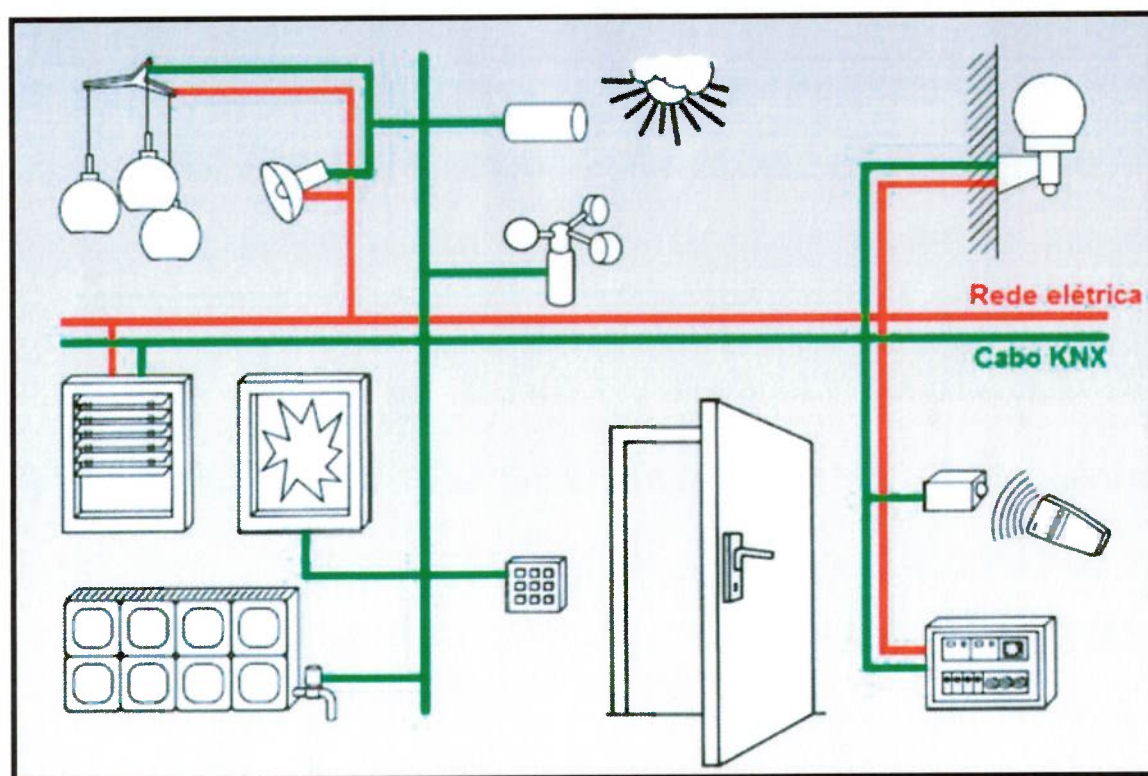


Figura 9: Esquema entre rede KNX e rede elétrica

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

2.5.1 Fontes de Alimentação de *bus*

O princípio de qualquer topologia KNX começa através da fonte de alimentação de *bus*, está que irá levar alimentação, 29Vcc, para os outros equipamentos. Em conjunto com uma bobina, já incorporada na fonte, também permitem que os equipamentos conectados se comuniquem.

Existem basicamente três tipos de fontes de alimentação disponíveis, que suportam respectivamente as correntes de 640mA, 320mA e 160mA. A capacidade de corrente está atrelada a quantidade de dispositivos KNX que uma fonte suporta.

A constituição básica das fontes de alimentação também é normatizada pela Associação KNX (MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C., 2009).

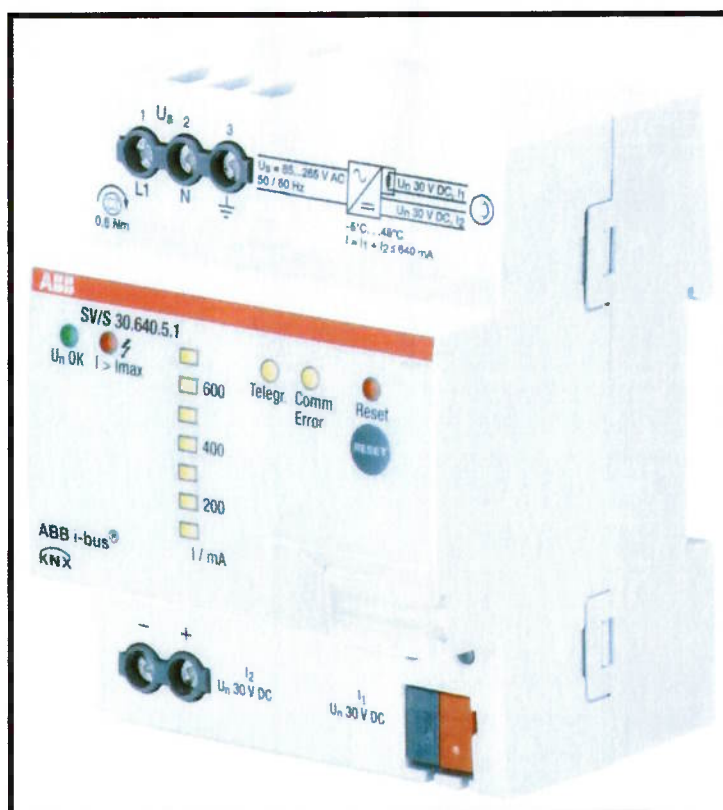


Figura 10: Fonte de alimentação KNX 640mA

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

2.5.2 Acopladores

Um acoplador é um componente básico da rede KNX, da mesma forma que a fonte de alimentação, que pode ser utilizado como acoplador de linha (AL), acoplador de área (AA) ou *backbone* e repetidor de linha (RL) utilizando o mesmo *hardware*, suas aplicações são apresentadas posteriormente.

Dentro da rede KNX os acopladores tem basicamente duas funções. A primeira função é a de filtro de telegramas, ou seja, quando a tráfego de comunicação na rede KNX os acopladores analisam essa informação e se for necessário permitem que esses dados sejam transmitidos. A função de filtro é característica dos acopladores de linha e acopladores de área, os repetidores não tem essa função.

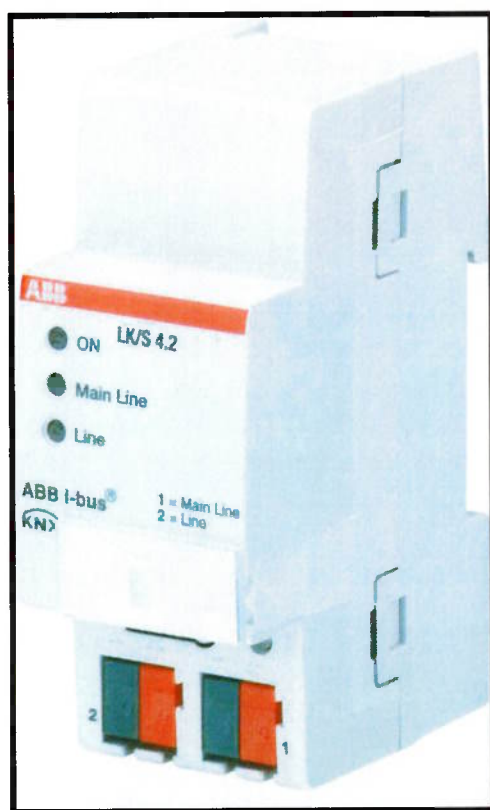


Figura 11: Acoplador KNX

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

Outra função, ou característica, importante dos acopladores é que eles também isolam galvanicamente suas conexões, ou seja, fisicamente há

duas conexões no acoplador e estas conexões estão isoladas eletricamente, caso ocorra algum problema elétrico em um dos lados a outra não irá ser danificada (MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C., 2009).

2.5.3 Pontos Endereçáveis (Dispositivos)

Todos os dispositivos comunicáveis KNX (sensores, atuadores, acopladores, etc.), devem ter um endereço físico único. Os dispositivos podem pertencer a um grupo onde eles podem trocar informações. Para tal função além do endereço físico estes dispositivos tem gravados em sua memória os grupos de endereço definidos na parametrização, que permitem a comunicação entre eles (COSTA PALMA, D. S, 2008).

2.5.4 Composição de Linha

Como citado anteriormente uma rede KNX começa com uma fonte de alimentação. Considerando que a fonte seja de 640mA a respectiva linha suportará até 64 dispositivos. Se fontes com capacidade menor fossem utilizadas a respectiva linha deve ter o número de dispositivos reduzidos, por exemplo, uma fonte de 320mA suporta até 32 dispositivos e uma fonte de 160mA suporta 16 dispositivos.

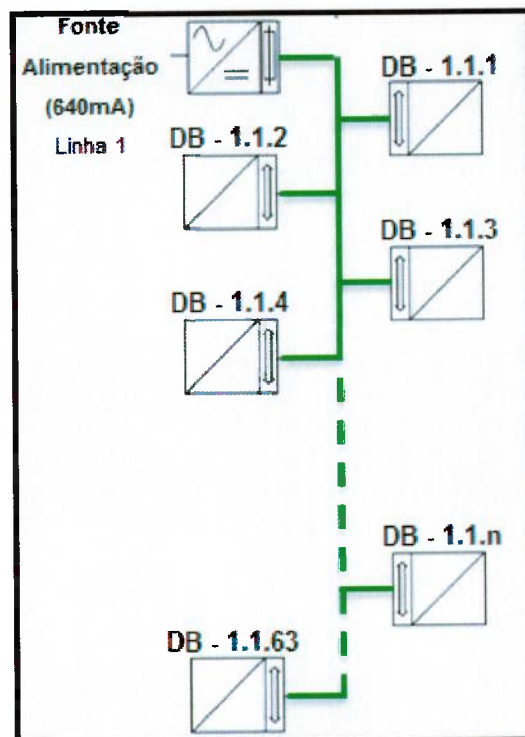


Figura 12: Concepção de linha KNX

Fonte: Acervo próprio

Para que haja mais 64 dispositivos na instalação há a possibilidade de criar uma segunda linha, com a mesma topologia da primeira linha ou não, conectando essas duas linhas através dos acopladores, configurados para acopladores de linha e utilizando uma nova fonte de alimentação para energização e destes acopladores.

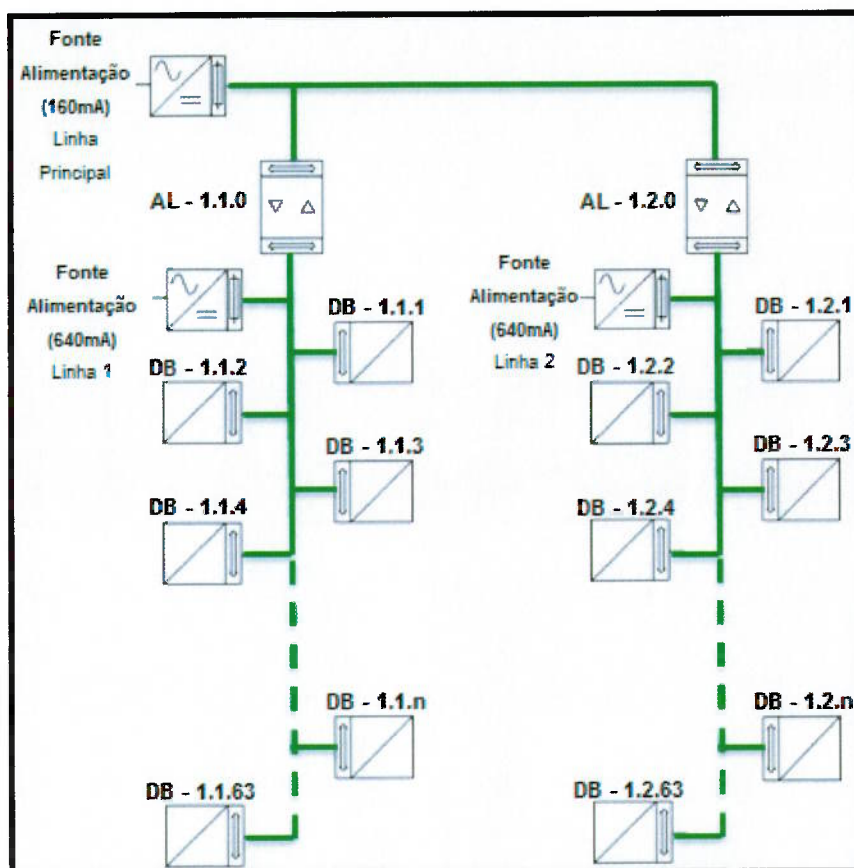


Figura 13: Concepção uma segunda linha KNX

Fonte: Acervo próprio

Caso haja necessidade de mais linhas, deve-se acrescentar um novo acoplador para cada linha e conectá-los a fonte de alimentação de linha, onde o limite de linhas neste seguimento é de 15 linhas, conforme figura a seguir.

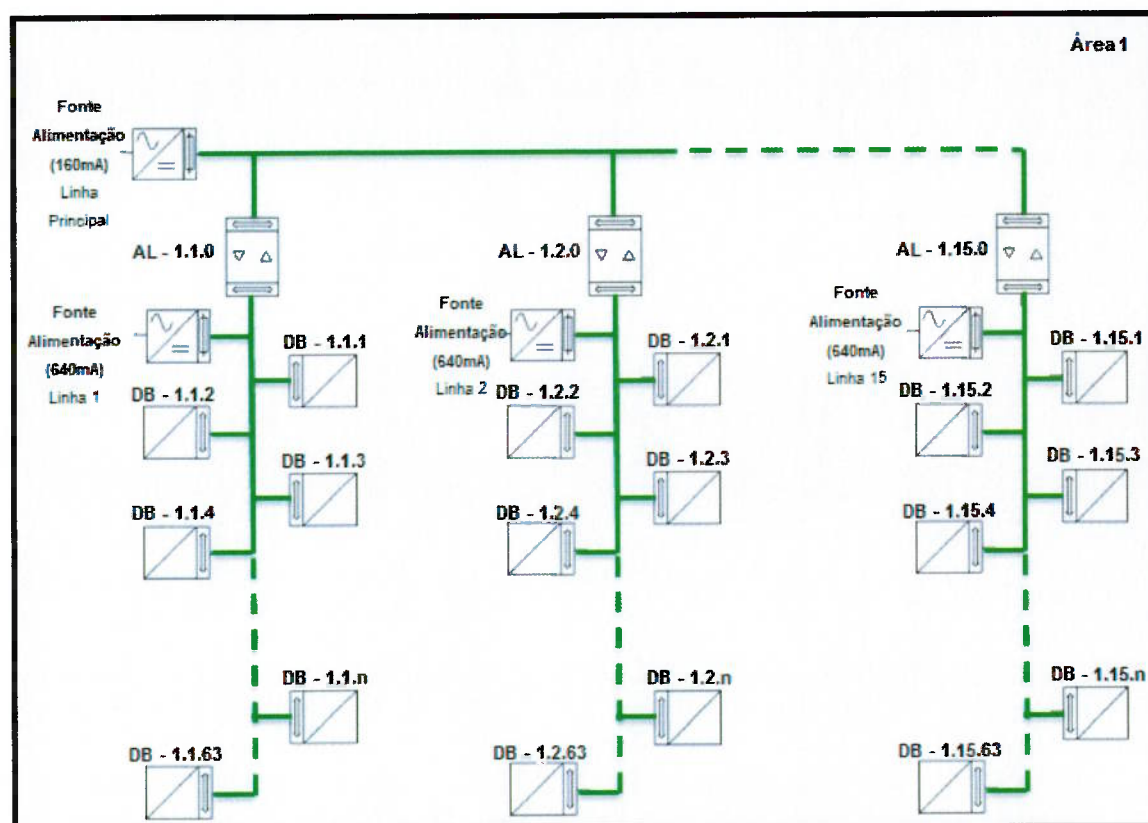


Figura 14: Concepção de uma área KNX

Fonte: Acervo próprio

É possível expandir a instalação em números de dispositivos e/ou para atender a melhor topologia do edifício utilizando o conceito de áreas.

Onde cada área suporta até 15 linha e cada linha suporta até 64 dispositivos.

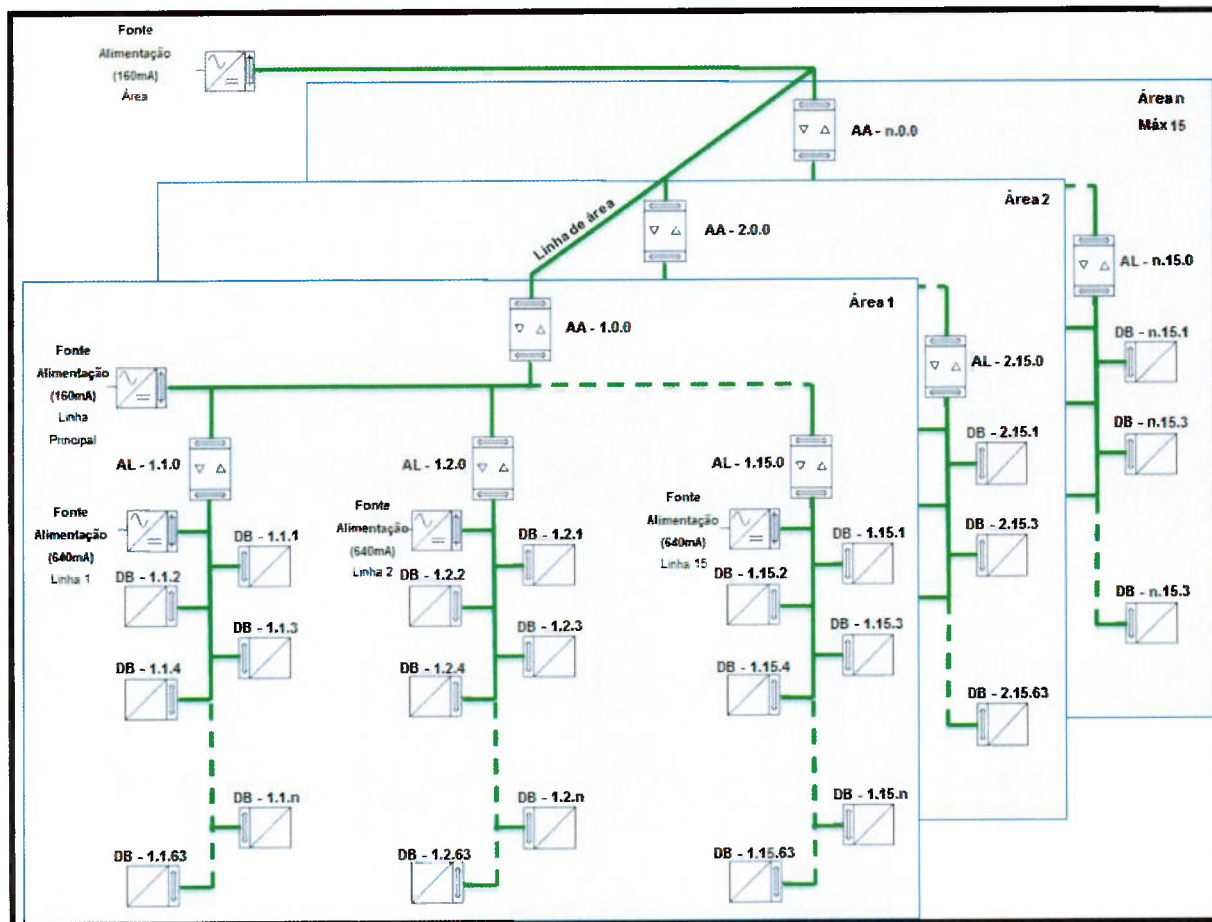


Figura 15: Topologia KNX

Fonte: Acervo próprio

Diferentes áreas são conectadas da mesma forma que as linhas, através de acopladores configurados como acopladores de área e acrescentando mais uma fonte para alimentação dos acopladores de área.

3 MEDIÇÃO DE ENERGIA EM EDIFÍCIOS

O conceito de sustentabilidade em edifícios está cada vez mais difundido no mercado internacional, diversas mudanças no âmbito social e político relacionadas à sustentabilidade chamaram a atenção para o consumo de energia trazendo a tona o termo eficiência energética.

Com relevante importância e atuação a eficiência energética, sistemas de automação podem agregar diversas funções relacionadas à medição e controle do consumo de energia, abrindo então novas oportunidades de desenvolvimento e trabalho.

A medição de energia já é um sistema corrente em diversos edifícios onde a função normalmente está relacionada a saber o consumo global, que em muitos casos fica limitada a ambientes restritos a equipes de manutenção.

Porém, equipamentos de medição podem ser utilizados de forma mais eficiente e precisa, fornecendo informações relevantes sobre o consumo de energia, através da submedição os usuários podem obter informações sobre os locais ou sistemas onde o consumo é maior ou menor, viabilizando então que possa ser identificado possíveis locais que estão com comportamento não esperado e conseqüentemente possibilita que sejam feitas mudanças de hábito para otimização dos consumos envolvidos.

Ambientes prediais possibilitam uma infinidade de aplicações para os medidores de energia, pois cada sistema elétrico poderia conter um medidor coletando as informações de consumo e variáveis elétricas. O consumo de iluminação, tomadas, ar condicionado, persianas, bombas, motores, elevadores são exemplos de sistemas onde um medidor de energia pode ser aplicado de forma descentralizada, ou seja, em maiores detalhes pode-se saber exatamente quanto o 8º andar consome de energia na iluminação, quanto o 1º andar demanda nos circuitos de tomadas ou mesmo quanto ambos consomem em conjunto.

Em conjunto com a coleta de dados sobre o consumo de energia elétrica alguns sistemas de medição são inteligentes a ponto de estarem aptos a desligar determinado sistema que está demandando mais do que deveria e informar os usuários sobre os acontecimentos e estados das medições (ABB

STOTZ-KONTAKT, 2012; ENCHELON CORPORATION, 2013; OPEN METERING SYSTEM GROUP; 2011).

3.1 DEFINIÇÕES SOBRE MEDIÇÃO DE ENERGIA

3.1.1 Medidor Inteligente

O termo “Medidor Inteligente” (*Smart Meter*) está relacionado a dispositivos digitais com capacidade para medição de energia além das características de coleta de dados de consumo se necessário armazenamento e transferência.

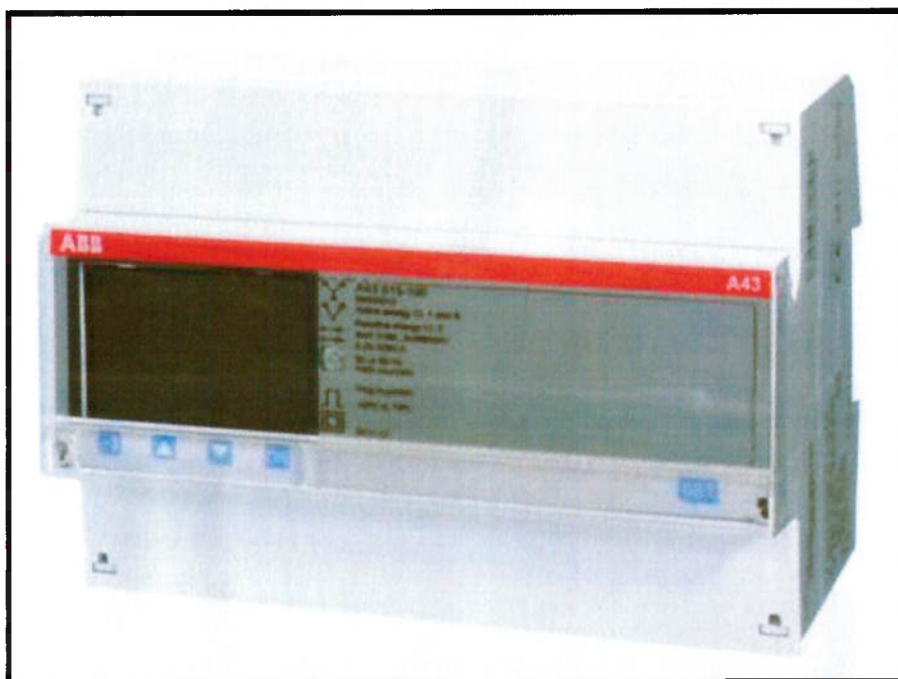


Figura 16: Medidor A43

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

Os novos medidores que alguns mercados já utilizam são do tipo “Medidor Inteligente” que aos poucos estão substituindo os antigos medidores eletromecânicos.

Além dos medidores dedicados a tarifação das concessionárias de energia os consumidores também podem ter medidores para seu próprio uso, gerenciamento e controle.

A Figura 7 exemplifica um tipo de multimetro que não é utilizado para tarifação, mas para outros fins, como fonte de informação e gerenciamento do próprio usuário.

As seguintes funcionalidades são disponibilizadas por esse tipo de medidor:

- Tensão;
- Corrente;
- Potência Ativa;
- Potência Reativa;
- Harmônicos;
- Frequência;

Além de registrar as medições da instalação e os valores de instrumentação indicados acima, este tipo de medidor conta com funções de entradas e saídas para interfaceamento com outros sistemas e também conta com uma porta de comunicação para RS232, M-bus e módulos de expansão para comunicação GSM.

Entretanto, eles não estão apenas limitados a medição de energia elétrica, mas podem ser medidores de gás ou mesmo para água (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012; OPEN METERING SYSTEM GROUP; 2011).

3.1.2 Medição Inteligente

Subentendido a este termo, Medição Inteligente (*Smart Metering*) está à medição digital de informação dos medidores inteligentes, atrelado a qual o meio de medição, elétrica, gás ou água.

As informações providas da medição inteligente, são importantes para cobrança dos consumos envolvidos que é coletada pelos medidores e transferida para as distribuidoras.

Desde 2011 a legislação européia, onde há um mercado muito desenvolvido para os temas medição e submedição energia, obriga as distribuidoras de energia a oferecer medidores inteligentes e tarifas variáveis,

onde estas são dependentes não somente do tempo, mas também do tipo de carga, incentivando então a economia de energia.

Atualmente existe um grupo Alemão conhecido como *Open Metering Specifications Group* (OMS Group), comunidade onde diversas associações em conjunto com empresas do setor trabalham na especificação de regras para sistemas de medição onde estes tenham uma comunicação aberta e independente de fabricante, seguindo a mesma linha de trabalho da associação KNX que também é membro do OMS Group (OPEN METERING SYSTEM GROUP; 2011).

Através de diferentes interfaces, que seguem os padrões OMS, diferentes medidores são conectados a controladora de comunicação MUC (*Multi Utility Communication Controller*) que é um elemento central para a rede fazendo o papel de um *gateway* e gerenciador de informação. Os medidores podem se comunicar com a MUC através de protocolos consolidados em medidores como M-Bus (*Metering Bus*) sem fio ou cabeado, ou via SML (*Smart Message Language*).

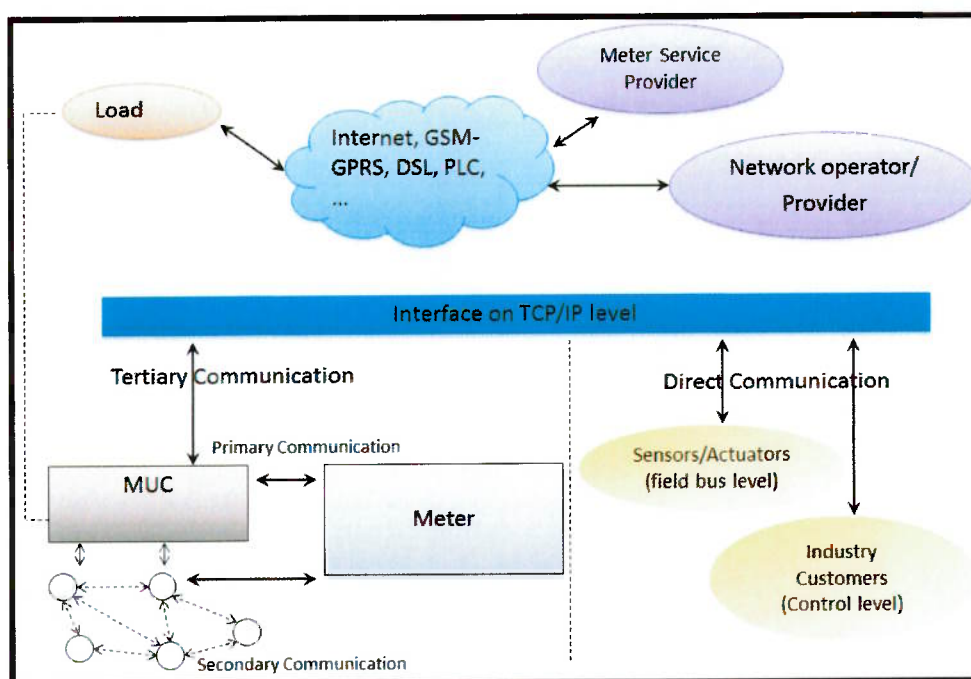


Figura 17: Estrutura OMS

Fonte: OMS, 2012

Além de premissas similares em termos de interoperabilidade e protocolo aberto, existe o conceito de integração de diferentes medições no

mesmo sistema como eletricidade, gás, água, etc, todos como parte de um grande sistema de controle e medição, como demonstrado na Figura 10 (OPEN METERING SYSTEM GROUP; 2011).

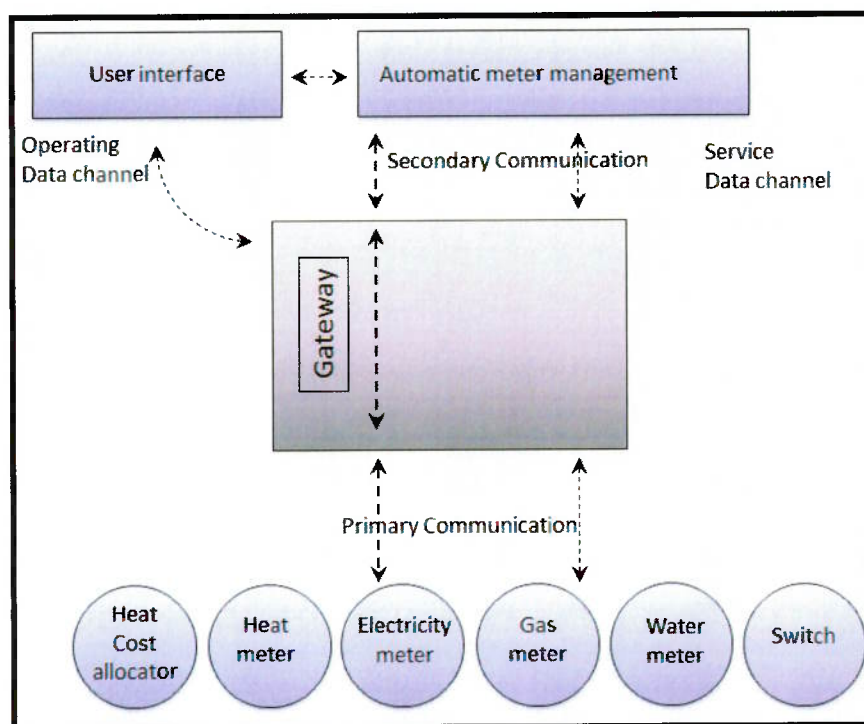


Figura 18: Estrutura de comunicação através do *gateway*

Fonte: OMS, 2012

3.1.3 Submedição

Correlacionado ao conceito de medição inteligente, a submedição está relacionada também as cargas conectadas e ao tipo de medição, elétrica, gás ou água. As características dos equipamentos relacionados para submedição não são as mesmas dos medidores principais dedicados a tarifação. Dentro de aplicações de submedição podem ser utilizados medidores calibrados e também não calibrados.

Como a submedição não está necessariamente ligada à medição de tarifação, diversas tecnologias podem ser utilizadas para obtenção e gerenciamento dos consumos.

As aplicações são inúmeras dentro de um edifício, os consumos entres andares ou cargas específicas podem ser comparadas, por exemplo.

O principal benefício está coligado ao usuário estar apto em identificar e controlar de forma efetiva os processos elétricos, podendo então localizar e se necessário tomar ações para reduzir os gastos (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012; ENCHELON COPORATION, 2013).

4 ESTUDO DE CASO

4.1 DEFINIÇÃO

O projeto a ser estudado possibilita a medição de energia com foco de aplicação para submedição, ou seja, é possível obter dados sobre variáveis elétricas de cada saída. Quando houver a necessidade o usuário poderá consultar o perfil de consumo e identificar circuitos ou sistemas que tenham demanda elevada.

Embasado na tecnologia KNX onde o protocolo de comunicação é aberto o sistema é relativamente simples, pois utiliza o *software* ETS4 para parametrização de suas funcionalidades.

O projeto tem grande flexibilidade devido a existirem diversos fabricantes de dispositivos KNX que contemplam esta funcionalidade além do benefício de através da ferramenta ETS qualquer fabricante de dispositivo pode ser parametrizado.

O atuador de energia provê três saídas relé que podem com funções de multimedidor incorporada para cada saída. Além de ser utilizadas para registrar medições de cada saída o equipamento pode desativar o relé fazendo o desligamento da carga conectada. O funcionamento de cada dispositivo envolvido será estudado nos próximos itens (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012).

4.2 CARACTERÍSTICA

O sistema analisado é basicamente um sistema de medição de energia em conjunto com um atuador para ligar e desligar uma carga elétrica. A tecnologia utilizada são transformadores de corrente incorporados dentro de um componente eletrônico que contém três saídas a relé.

Para que haja o perfeito funcionamento é necessário utilizar um fonte de alimentação homologada KNX, para alimentação da eletrônica de cada componente, outro componente importante é a interface USB (*Universal Serial Bus*) que é a porta de comunicação para parametrização dos dispositivos

programáveis, outro componente importante é a entrada binária para que as saídas do atuador possam ser atuadas.

Cada módulo deverá ser conectado com cabo KNX atentando a polaridade, positivo e negativo, dos conectores de cada módulo (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012; KNX ASSOCIATION, 2012).

As funcionalidades de cada parte do projeto serão explicadas nos próximos itens.

4.3 O PROJETO

O princípio de funcionamento do projeto consiste em demonstrar uma aplicação de submedição utilizando dispositivos com tecnologia KNX. O controle do sistema é feito através de pulsos simples que simulam a ativação ou desativação das saídas relés.

Foram utilizados três pulsadores, um para cada canal do atuador de energia, para que cada um possa ser controlado individualmente.

Para cada saída a relé é visualizado algumas variáveis elétricas como potência, tensão e corrente, onde para cada saída irá ser conectada uma carga elétrica.

4.3.1 Estudo do *Hardware*

4.3.1.1 Atuador de energia ABB *i-bus*® KNX SE/S 3.16.1

O atuador de energia SE/S3.16.1 é um atuador comutador que tem a capacidade de gravar o consumo de energia das cargas conectadas em um edifício.

O dispositivo consegue determinar individualmente em cada canal o consumo de energia ativa, além da possibilidade de disponibilizar o consumo consolidado de suas três saídas. Individualmente para cada saída do dispositivo a potência ativa, corrente, tensão, potência aparente, fator de potência e frequência são variáveis que podem ser lidas.

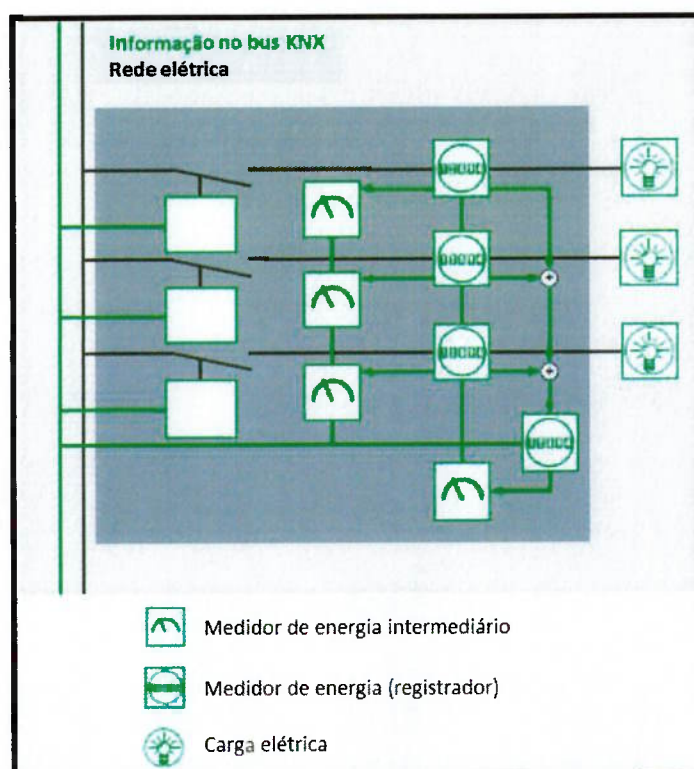


Figura 19: Composição Atuador de Energia SE/S 3.16.1

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

Para que as variáveis elétricas possam ser lidas alguns parâmetros podem ser configurados internamente no atuador de energia. As informações podem ser disponibilizadas no *bus* KNX de forma cíclica, no envio de requisição de leitura ou em decorrência de algum evento, por exemplo, quando um limiar de consumo é atingindo. Outro parâmetro que pode ser configurado é a desativação de determinado canal caso o limiar configurado seja atingido.

Outra forma de atuar nas saídas do atuador de energia é através de interfaces que o módulo disponibiliza na sua parte frontal conhecida como, operação manual (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012).

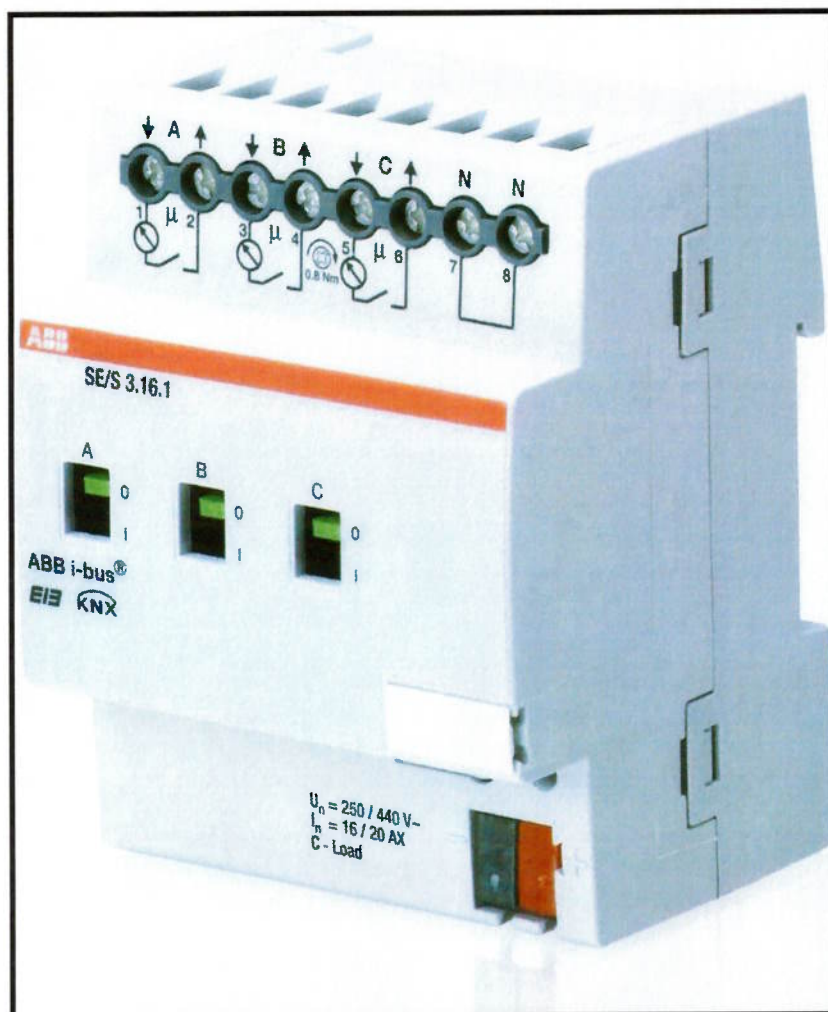


Figura 20: Atuador de Energia SE/S 3.16.1

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

4.3.1.2 Interface Universal ABB i-bus® KNX US/U4.2

A Interface Universal é um dispositivo com tecnologia KNX que pode ser utilizado em diversas aplicações, pois se baseia em processamento de pulsos. A análise destes pulsos podem ser utilizados nas mais variadas soluções prediais, deste um simples pulso para a ligação de um carga, por exemplo iluminação, ou mesmo contagem de pulsos em conjunto com um medidor de água para determinar qual o consumo de água de determinada região. A multifunção também é uma característica importante pois permite que cada canal da interface universal possa ter mais de uma função no mesmo canal, estas funções podem ser diferenciadas por pulsos curtos (função1) ou

longos (função dois) ou mesmo por quantidades de pulsos realizados, um pulso, dois pulsos, três pulsos etc (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012).

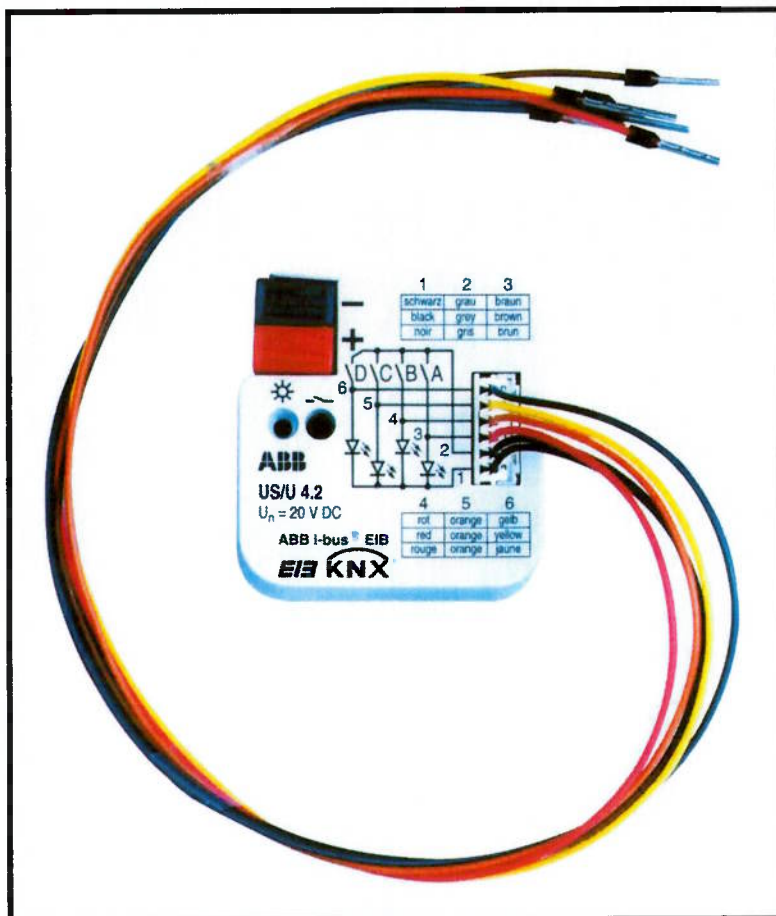


Figura 21: Interface Universal US/U4.2

Fonte: ABB Stotz-Kontakt GmbH, 2012

4.3.2 Programa

Para exemplificação da parametrização das funções do atuador de energia e da interface universal foi utilizado o *software* ETS4 em conjunto com banco de dados de cada componente que está disponível através do *site* (www.abb.com/knx).

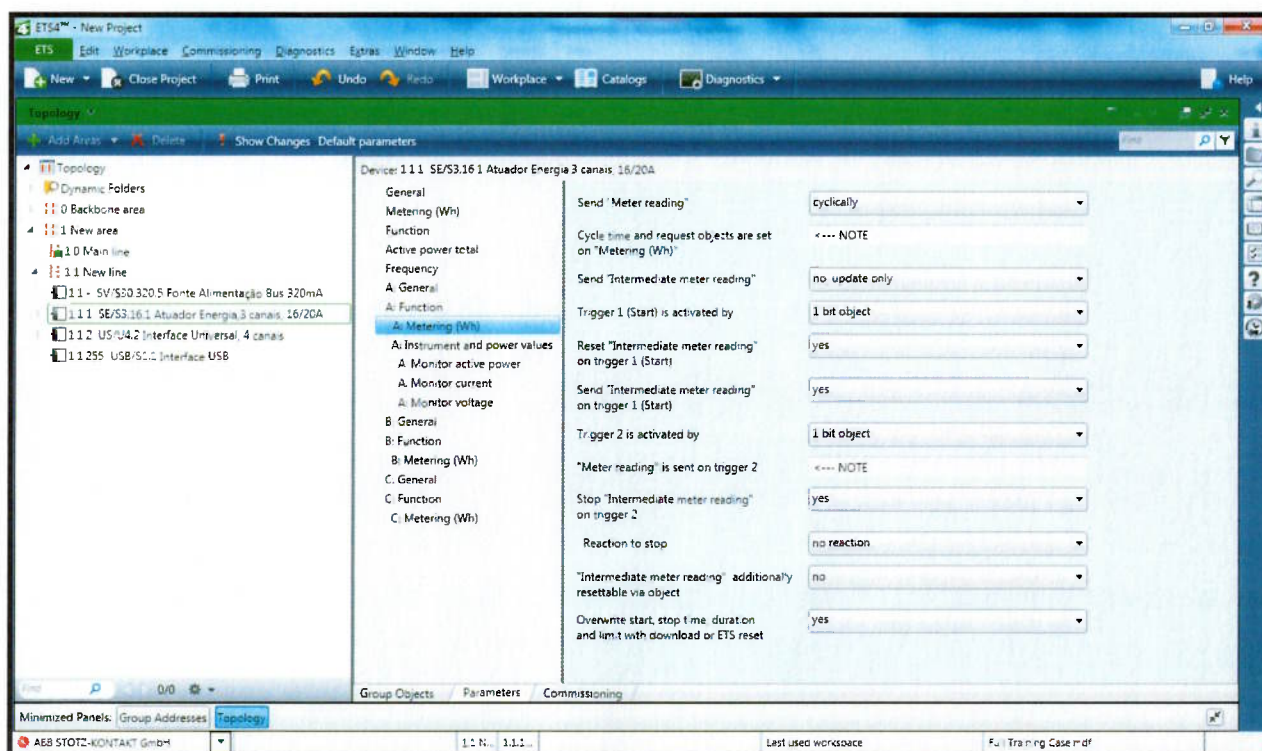


Figura 22: Parâmetros Atuador de Energia SE/S 3.16.1

Fonte: Acervo próprio

Os parâmetros do atuador de energia foram modificados para que cada canal (A, B e C) façam a leitura de tensão, corrente, potência e para que o atuador faça a leitura de frequência e disponibilize a o consumo de potência total. Além das medições também foi habilitado à comutação de cada canal individualmente, possibilitando que a carga ligada ao sistema seja ligada ou desligada.

Adicionalmente os parâmetros da interface universal também foram alterados para que as entradas A, B e C enviem os comandos para comutação, 0 para abrir e 1 para fechar, como está exemplificado no Figura 22.

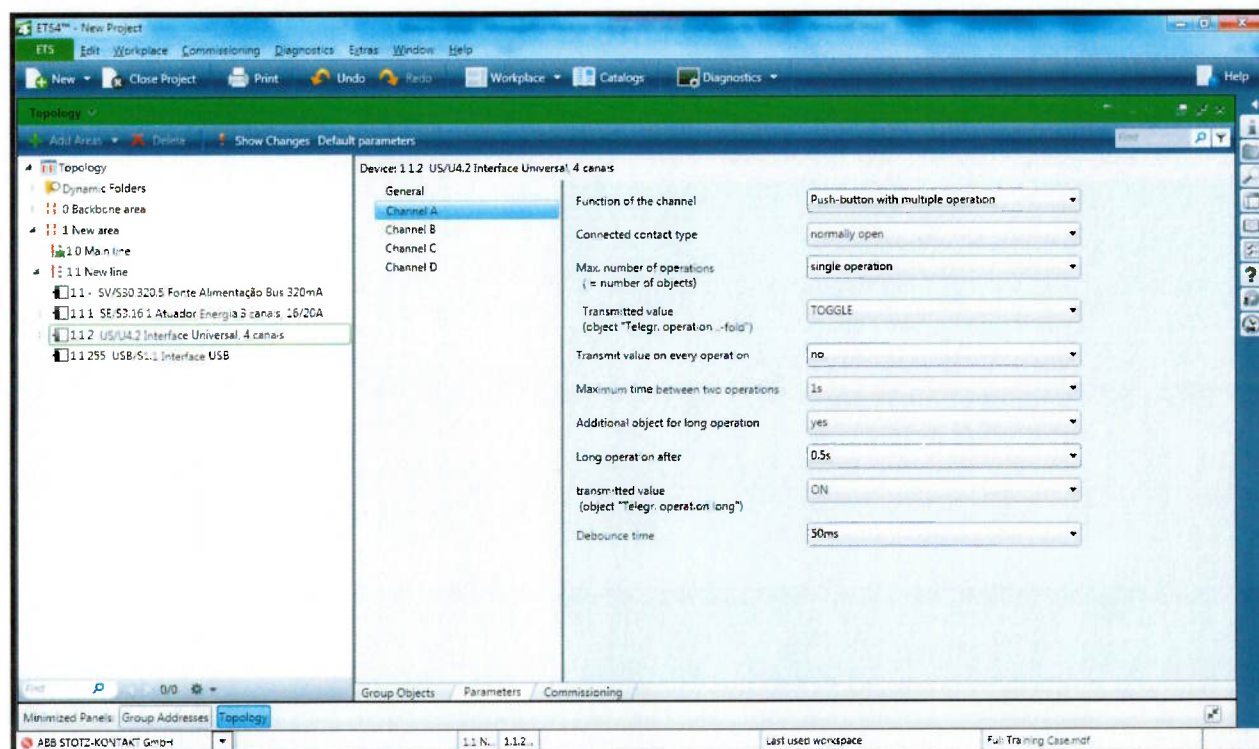


Figura 23: Parâmetros Interface Universal US/U4.2

Fonte: Acervo próprio

Com os parâmetros configurados em ambos os dispositivos , Atuador de Energia e Interface Universal, alguns objetos de grupo são disponibilizados. Com o *software* ETS4 é feita a ligação entre os objetos de grupo, de mesmo tamanho binário, no endereço de grupo desejado, como mostra a Figura 23.

Além dos endereços de grupo para comutação dos relés através da interface universal, foram também criados endereços de grupo para leitura das variáveis elétricas com a ligação dos respectivos objetos de grupo.

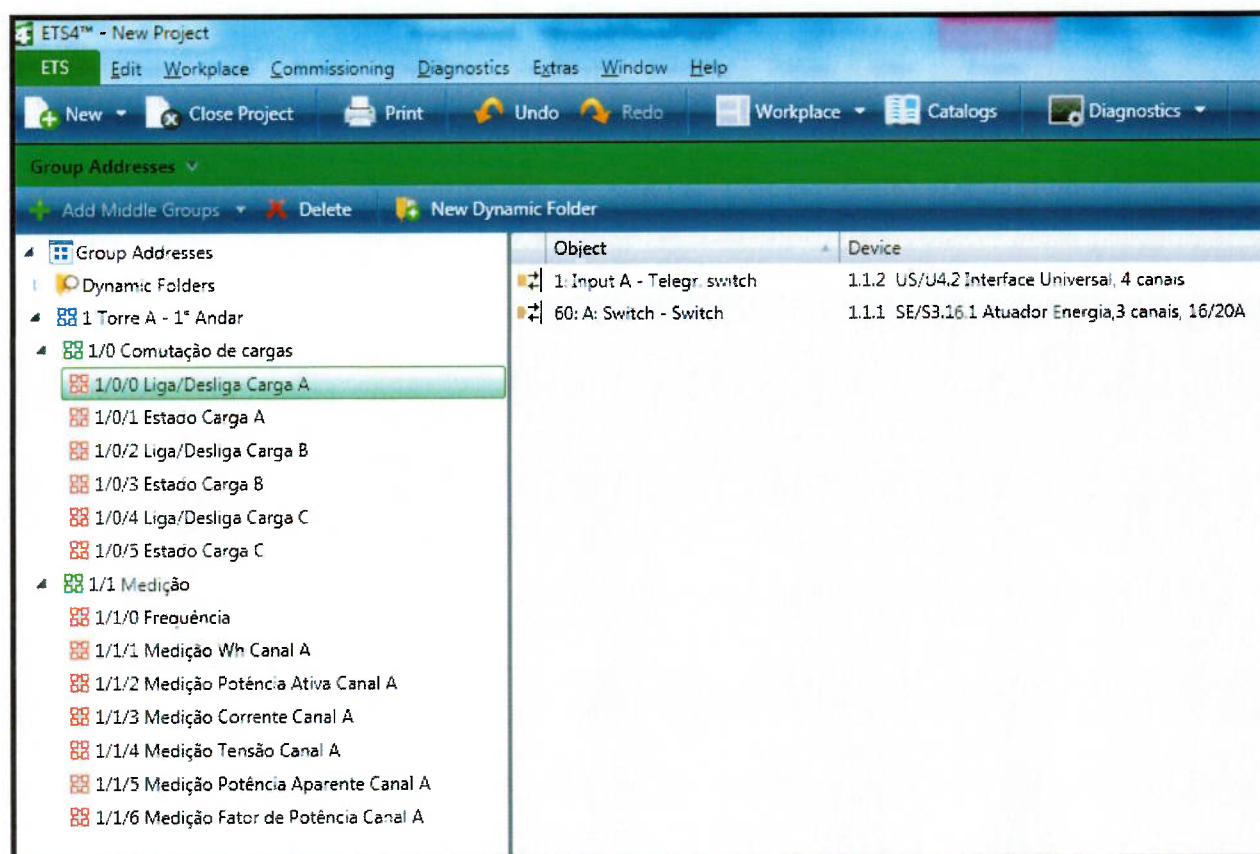


Figura 24: Endereços de grupo e objetos de grupo

Fonte: Acervo próprio

Com os desejados objetos de grupo coligados a um grupo de endereço para execução de uma ou várias funções é feito o *upload* através a interface USB (*Universal Serial Bus*) KNX (ABB STOTZ-KONTAKT, 2012; KNX ASSOCIATION, 2012).

4.3.3 Resultados

Para demonstração das funcionalidades de medição do atuador foram utilizadas cargas elétricas conectadas as saídas do atuador. Também há necessidade de obter um *software* de visualização dos valores, para esta aplicação utiliza-se o *software* ABB i-bus Tool, que é uma ferramenta de permite a visualização das grandezas envolvidas.

A Figura 24 exemplifica a conexão física entre os componentes KNX, o cabo utilizado para essa ligação deve ser o cabo KNX.

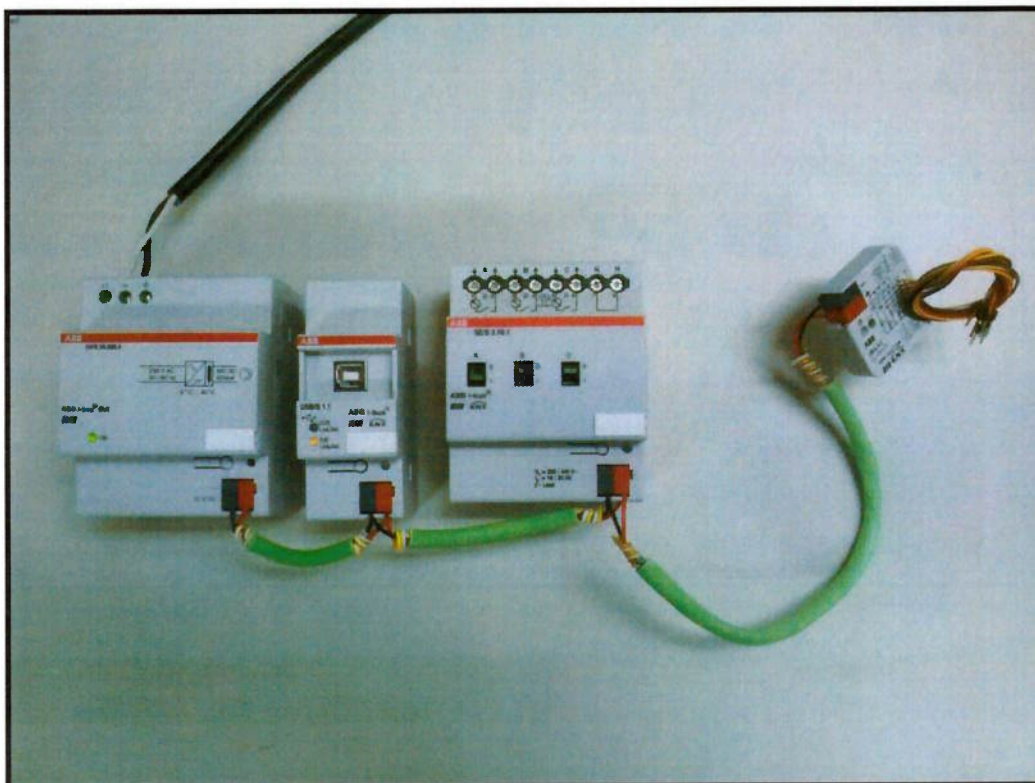


Figura 25: Ligação física entre dispositivos KNX

Fonte: Acervo próprio

O *software* ABB i-bus *Tool* permite que o consumo de potência seja visualizado individualmente para cada canal do atuador, mas também mostra o consumo total das três saídas.

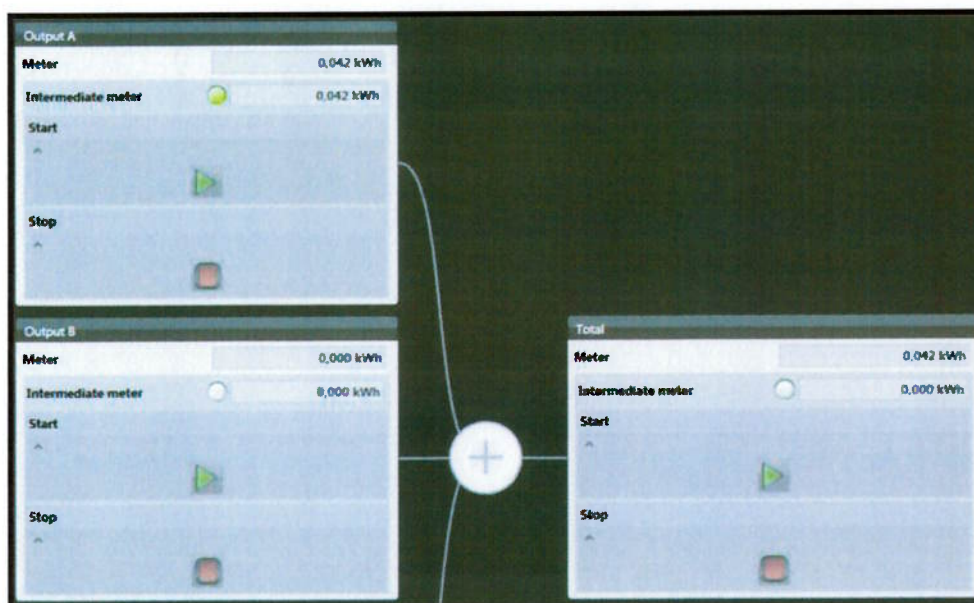


Figura 26: Visualização consumo de potencia ativa

Fonte: Acervo próprio

Como mostrado na Figura 26, além da possibilidade de medição de potência consumida, pode-se obter os valores individualizados de cada saída:

- Potência Ativa;
- Corrente
- Tensão
- Potência Aparente;
- Fator de Potência;
- Fator de Crista;
- Frequência;

As cargas utilizadas para aplicação deste projeto foram:

- Canal A – lâmpada compacta economica (110V / 25W);
- Canal B – lâmpada resistiva dicroica (110V / 25W);
- Canal C – ventilador de gabinete (110V / 3W);



Figura 27: Visualização de variáveis elétricas

Fonte: Acervo próprio

4.4 EXEMPLO DE PROJETO EM UM AMBIENTE PREDIAL

Para concretizar a aplicação do atuador de energia em um ambiente predial, ou seja, elaboração de um projeto de automação e medição de energia, deve-se levar em conta as características do ambiente em questão versus o que se deseja controlar e obter informações de consumo ou outras variáveis elétricas.

Quantificar a quantidade de circuitos elétricos que devem ser conectados a medição é o primeiro passo. Além da quantidade de circuitos é importante verificar o consumo de corrente de cada circuito, pois o atuador de energia SE/S 3.16.1 suporta para cada canal o máximo de 20A.

A Figura abaixo exemplifica um projeto básico para um pavimento tipo de um edifício. De forma a tornar uma aplicação mais próxima da realidade é considerado que o pavimento tipo está dividido em duas áreas, escritórios abertos e salas fechadas (destacadas em azul).

Para a área aberta os atuadores se encontram dentro dos quadros de automação que estão desenhados conforme Figura.

Para salas fechadas os atuadores estão localizados no forro cada sala fechada tem uma interface universal para o controle de iluminação e tomadas manual.

O pavimento tipo é controlado por duas linhas KNX, lado esquerdo e lado direito, para tanto cada quadro de automação contempla um acoplador de linha que é responsável por isolar galvanicamente ambos os quadros e também gerencia as informações que são relevantes trafegarem para fora da linha.

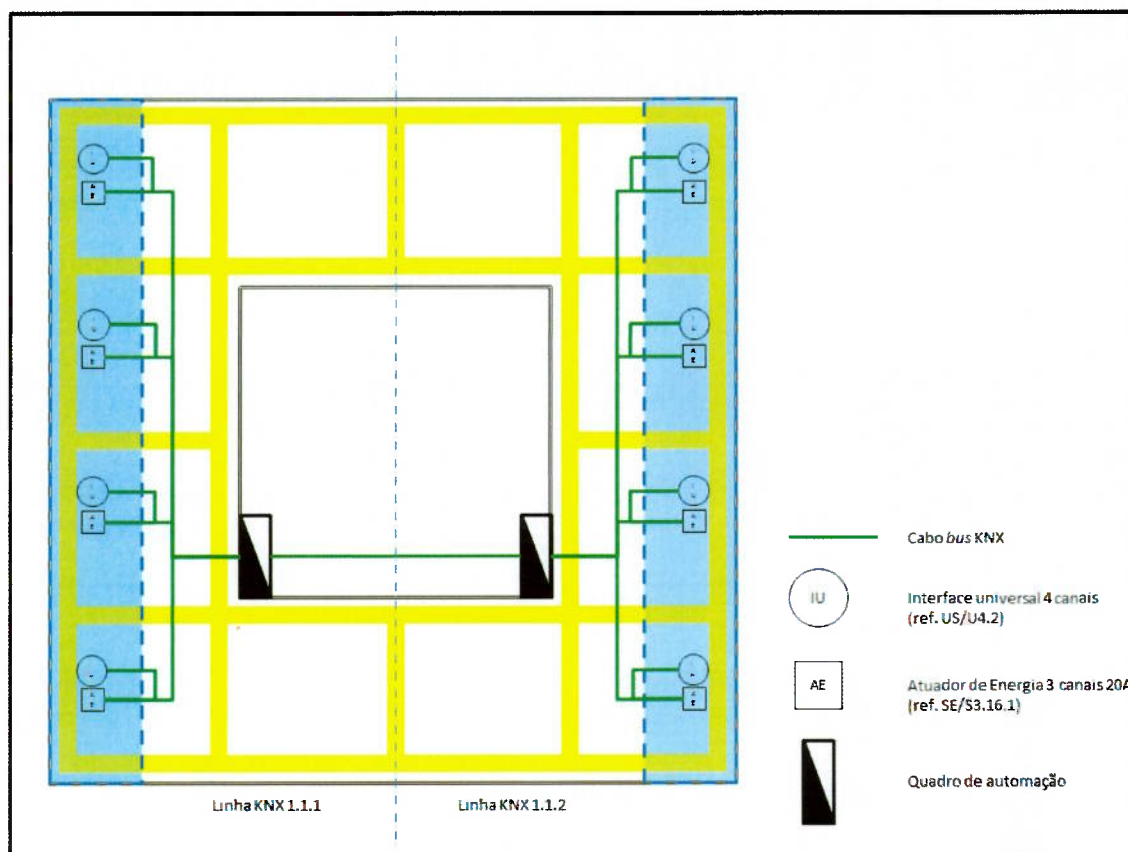


Figura 28: Esquema de instalação KNX em um pavimento tipo

Fonte: Acervo próprio

Através da topologia demonstrada na Figura 28, é possível fazer o controle liga e desliga das cargas envolvidas, além de obter medições elétricas de cada circuito.

Os quadros de automação dispostos em cada lado do pavimento tipo são responsáveis pelos controles de cargas da área de escritório aberta, tomadas e iluminação, como mostra a Figura 28. Composto por dois atuadores de energia, uma fonte de alimentação 640mA e um acoplador de linha, cada fonte de alimentação suporta alimentar até 64 dispositivos KNX, possibilitando a expansão do sistema caso necessário.

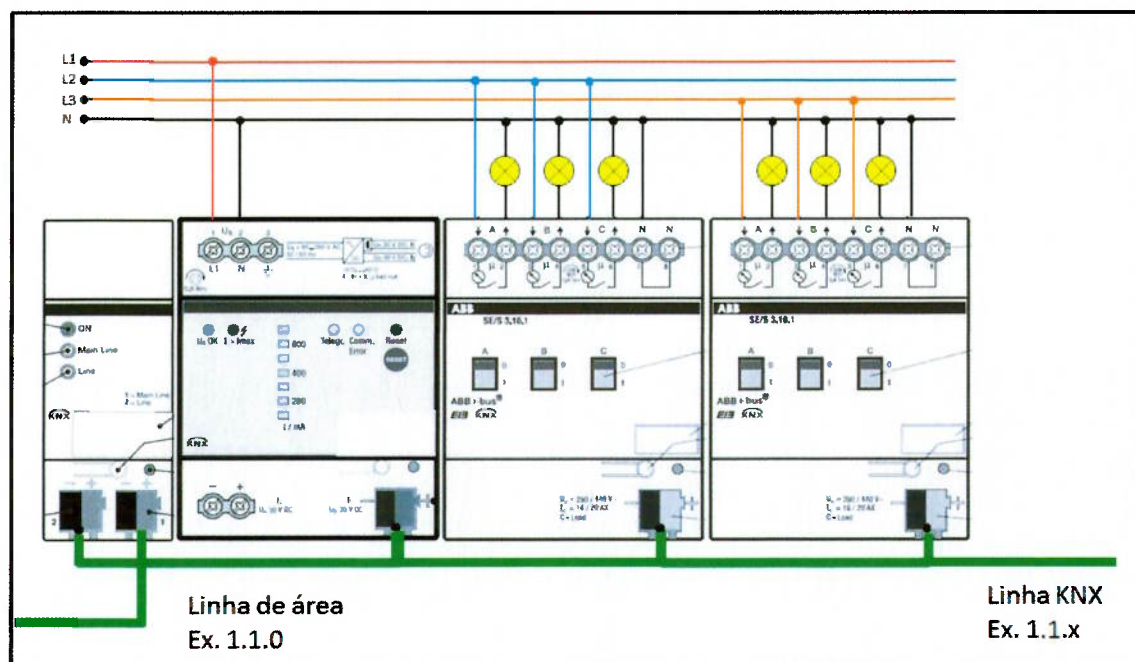


Figura 29: Esquema de instalação KNX no quadro de automação

Fonte: Acervo próprio

A ligação do acoplador de linha deve ser feita de acordo com a especificação do fabricante, pois há diferença entre a conexão para a linha KNX ou linha secundária, e a linha principal ou linha primária.

Em projetos prediais normalmente há pavimentos tipos então basta replicar a mesma infraestrutura para os pavimentos típicos. Havendo pavimentos diferenciados dos demais é necessário fazer o projeto de infraestrutura e dispositivos KNX a serem utilizados.

Um ponto importante é a interligação de todos os pavimentos possibilitando o controle e gerenciamento de todo o edifício de um ponto central, por exemplo sala de segurança.

A Figura 29 exemplifica essa conexão dos pavimentos.

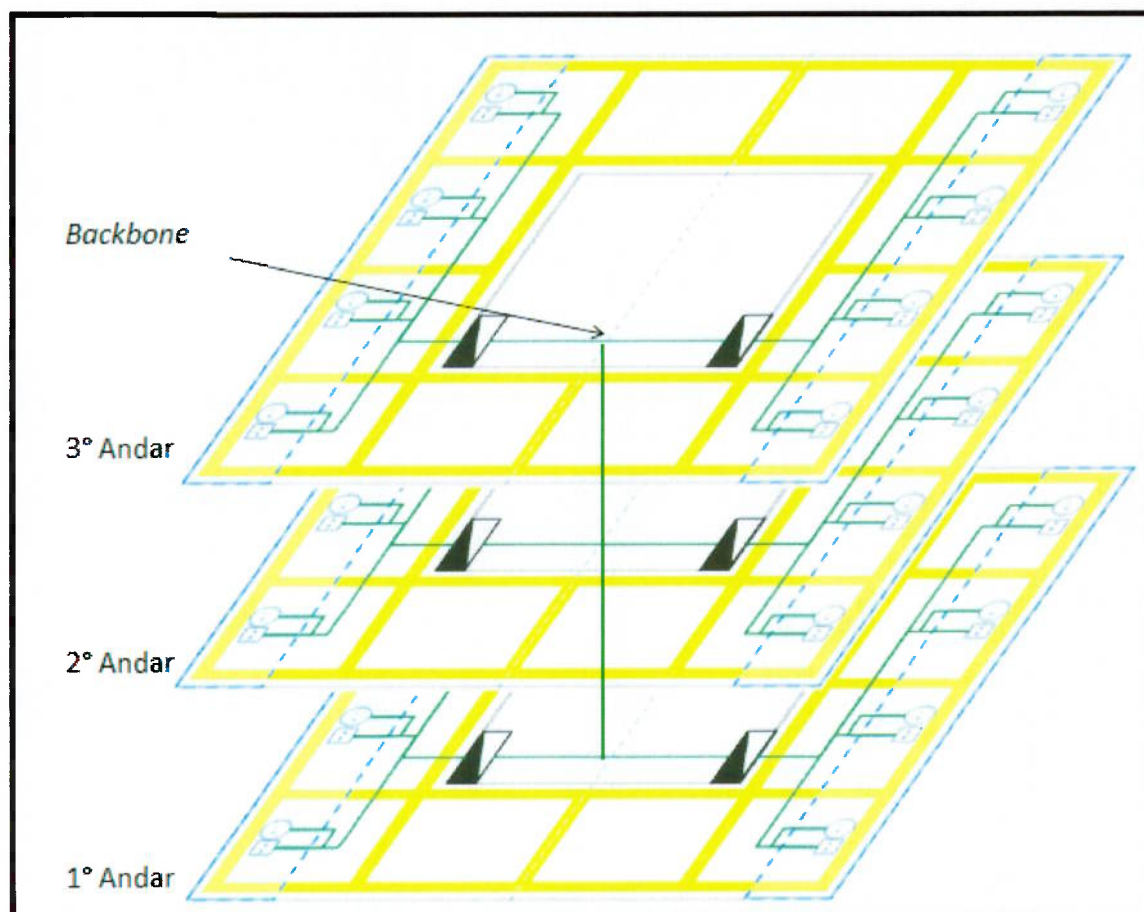


Figura 30: Conexão dos pavimentos controlados através do KNX

Fonte: Acervo próprio

A instalação do *backbone* KNX é feita através do acoplador de linha sempre através a conexão de linha principal ou primária. Cuidados devem ser tomados durante a execução da instalação, pois a topologia KNX pode ser feita em diversos tipos de conexões como estrela, árvore, linha, ou seja sempre há pontos abertos na instalação, deve-se evitar fechar laços na instalação.

4.5 RESULTADOS FINAIS

De acordo com a proposta apresentada, o projeto obteve os resultados esperados de forma satisfatória, onde os objetivos foram alcançados de acordo com o que foi descrito no estudo de caso.

O projeto apresenta um investimento de médio custo, pois trata-se de dispositivos com tecnologia e diversas funções incorporadas dentro do mesmo componente, como funções de lógica, temporização, segurança e

medição de variáveis elétricas. Para projetos de edifícios o custo benefício da rede é muito interessante já que além da evolução e flexibilidade na instalação elétrica as funções inteligentes de automação podem ser utilizadas para otimização das funcionalidades do projeto.

O projeto baseia-se em um rede normatizada, o que para projetistas, consultores e investidores viabiliza uma confiabilidade que outras tecnologias ainda não oferecem, e focando no mercado brasileiro e suas novas aplicações de requisitos as funções de medição e submedição elevam a tecnologia de construções e elétrica a um novo patamar através do detalhamento de informações.

Ambos os componentes utilizados são homologados pela associação KNX, e mesmo sendo produtos do fabricante ABB, todos os tópicos e demonstrações se aplicam a qualquer componente KNX com características.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresentou um sistema de medição e submedição de energia complementado de outras variáveis elétricas como corrente, tensão, fator de potência, aplicados a um ambiente predial.

Para constituição deste trabalho foi necessário um estudo sobre as tecnologias envolvidas como o protocolo KNX e suas ferramentas, como *software* de parametrização ETS, aplicações de medição e submedição de energia, não focados para tarifação, de energia.

Dentro do estudo sobre a tecnologia KNX tópicos importantes para compreensão desta nova tecnologia para o mercado brasileiro foram abordados, desde um breve histórico sobre tecnologia antecessoras ao KNX até informações importantes sobre a comunicação entre os dispositivos KNX de um rede.

A mesma metodologia foi aplicada para o capítulo de medição de energia em edifícios, visando obter conhecimentos necessários para integrar o estudo teórico e prático da aplicação de medição de energia.

Como principal característica o trabalho mostrou um a um benefício muito interessante para diversos edifícios, pois através de uma tecnologia inovadora obtém-se vantagens desde o projeto até a execução da instalação elétrica, além das funções de automação e medição incorporadas dentro de cada dispositivo KNX.

Outra vantagem comprovada deriva de a tecnologia KNX ser normatizada por um associação que garante a interoperabilidade entre os fabricantes de dispositivos com está tecnologia, isto é facilmente observado através da ferramenta única para parametrização do sistema KNX, o *software* ETS, e também o conceito de endereços de grupo, objetos de grupo e *datapoint types* que padronizam a informação que cada componente deve mandar fazendo com que diferentes produtos de diferentes fabricantes comunique-se na mesma linguagem.

É sugerido para trabalhos futuros, um estudo para aprofundar as possibilidades de aplicação de componentes como atuador de energia SE/S 3.16.1 em projetos de *Smart Grid* aliando à medição de valores a análise de

geração e consumo, otimizando as cargas e implementando um sistema de controle de demanda ao nível do usuário.

REFERÊNCIAS

ABB STOTZ-KONTAKT GmbH. **Energy actuator SE/S 3.16.1: Product Manual**. Heidelberg. [2012]. 152 p. (2CDC505084D203).

ABB STOTZ-KONTAKT GmbH. **Energy measurement with ABB i-bus® KNX: Product Information**. Heidelberg. [2012]. 12 p. (2CDC505119D0201).

ABB STOTZ-KONTAKT GmbH. **Universal Interfaces: Product Manual**. Heidelberg. [2012]. 88 p. (2CDC504019D0203).

BACNET ORGANIZATION. Bacnet Overview.
Disponível em: <<http://www.bacnet.org/Overview/index.html>>.
Acesso em: 11 out. 2013.

COSTA PALMA, D. S. **Domótica KNX/EIB de Baixo Custo**. 2008. 111 p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, Porto, 2008.

ENCHELON CORPORATION. California. Smart Buildings. Disponível em: <<http://www.echelon.com/applications/smart-buildings/>>. Acesso em: 30 out. 2013.

ENCHELON CORPORATION. California. Smart Meters. Disponível em: <<http://www.echelon.com/products/smart-meters/>>. Acesso em: 30 out. 2013.

INEE. **Introdução ao uso da medição e verificação de economias de energia no Brasil**. Rio de Janeiro: Instituto Nacional de Eficiência Energética, 1997. (Estudo Técnico).

HONEYWELL INC. **Engineering manual of automatic control for commercial buildings--heating, ventilating, air conditioning**. Minneapolis, Minn. Honeywell, 1995.

KASTNER, W., NEUGSCHWANDTNER G., SOUCEK S., NEWMAN M. H. **Communication Systems for Building Automation and Control**. Disponível em: <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Redes%20Industriales/Articulos/comunicaciones_para_automatizacion_de_edificios.pdf> Acesso em: 29 set. 2013.

KNX ASSOCIATION. **KNX Basic Course**. Bruxelas. KNX Association, 2012. 289 p. Apostila de certificação KNX Partner, E1212b.

KNX ASSOCIATION. **KNX Advanced Course**. Bruxelas. KNX Association, 2012. 289 p. Apostila de certificação KNX++, E1212b.

MERZ, H., HANSEMAN, T., HÜBNER, C. **Building automation communication systems with EIB/KNX, LON and BACnet**. Berlin Springer London, 2009.

NÝVLT, O. **Buses, Protocols and Systems for Home and Building Automation**.

Disponível em:

<http://www.ib.cvut.cz/sites/default/files/Studijni_materialy/SZS/Buses,%20Protocols%20and%20Systems%20for%20Home%20and%20Building%20Automation.pdf>

Acesso em: 23 ago.2013.

OPEN METERING SYSTEM GROUP. **Open Metering System Specification – General Part**.

Disponível em:

<http://www.oms-group.org/download/OMS-Spec-Vol1_General_v140.pdf>

Acesso em: 28 out.2013.

OPEN METERING SYSTEM GROUP. **Open Metering System Specification – Primary Communication**.

Disponível em:

<http://www.oms-group.org/download/OMS-Spec_Vol2_Primary_v301.pdf>

Acesso em: 28 out.2013.

OPEN METERING SYSTEM GROUP. **Open Metering System Specification – Tertiary Communication and OMS-MUC**.

Disponível em:

<http://www.oms-group.org/download/OMS-Spec_Vol3_Tertiary_v200.pdf>

Acesso em: 28 out.2013.

SIEMENS SWITZERLAND LTD. **Communication in building automation**.

Disponível em:

<https://www.hqs.sbt.siemens.com/gip/general/dlc/data/assets/hq/Communication-standards-for-building-automation_A6V10209534_hq-en.pdf>

Acesso em: 23 ago.2013.

WAGO KONTAKTTECHNIK GMBH & CO. KG. Building Automation Overview.

Disponível em: <<http://www.wago.com/infomaterial/pdf/51234497.pdf>>

Acesso em: 23 ago.2013.

**ZENTRALVERBAND ELEKTROTECHNIK UND ELEKTRONIKINDUSTRIE EV.
Frankfurt. What is DALI.**

Disponível em: <http://www.dali-ag.org/Discover_DALI_protocol>.

Acesso em: 15 out. 2013.