

# Aplicação de Elementos Computacionais de Propósito Geral Voltada para Automação Predial

**José Walter Parquet Bizarria**  
jwpbiz@gmail.com  
UNITAU

**Francisco Carlos Parquet Bizarria**  
fcpbiz@gmail.com  
UNITAU

**Luis Fernando de Almeida**  
luis.almeida@unitau.br  
UNITAU

**João Cristiano Monteiro da Silva**  
jcristiano.c@gmail.com  
UNITAU

**Resumo:** Na atualidade, a automação predial está em voga, destacando-se em segmentos relacionados com a gestão de energia, conforto e segurança, nos quais são observadas aplicações dos recursos de sistemas ou métodos, em habitações. Como parte dessa conjuntura estão as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) necessárias para evolução da tecnologia do tipo de automação em questão. Dentre essas atividades estão aquelas que envolvem tecnologias de elementos computacionais voltados para aplicações nos sistemas afins, cujos estudos podem oferecer contribuição para essas atividades de P&D, aumentando o legado pertinente. Dentro dos propósitos dessa oferta de contribuição, este trabalho apresenta abordagem sobre sistema e elementos computacionais de propósito geral, voltada para automação predial, sendo seu conteúdo fundamentado em projeto conceitual de um sistema específico, para o qual efetuou-se uma implementação, empregando-se o protótipo na realização de testes práticos. Nessa abordagem foram explorados concepções de: arquitetura de sistema; campos utilizados em estruturas dados; protocolos de comunicação; tipos de comandos; integração de componentes de automação predial; extensão da utilização de sistemas computacionais comumente empregados em instalações prediais domésticas e empresariais. Os resultados apresentados pelos protótipos nos testes práticos foram satisfatórios, possibilitando validar os princípios de funcionamento dos elementos implementados. Os objetivos propostos foram atingidos, haja vista que os estudos expostos proporcionam contribuição voltada para o desenvolvimento de sistemas afins, favorecendo as atividades de P&D mencionadas anteriormente, aumentando o legado pertinente.

**Palavras Chave: Automação Predial - Domótica - Computação - -**

## 1. INTRODUÇÃO

A automação predial está em voga na atualidade, destacando-se em segmentos relacionados com a gestão de energia, conforto e segurança, nos quais são observadas aplicações dos recursos de sistemas ou métodos, em habitações. Como parte dessa conjuntura estão as atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) necessárias para evolução da tecnologia do tipo de automação em questão, que inclui a modalidade designada por Domótica, que está associada aos termos em inglês *Intelligent House* e *Smart House* (ELEKTOR, 2011; ROSÁRIO, 2009). Dentre as atividades de P&D relacionadas com a automação predial, estão aquelas que envolvem tecnologias de elementos computacionais voltados para aplicações nos sistemas afins. Assim sendo, estudos sobre os elementos em questão podem oferecer contribuição para essas atividades, aumentando o legado pertinente. Dentro dos propósitos dessa oferta de contribuição, este trabalho apresenta abordagem sobre sistema e elementos computacionais de propósito geral, voltada para automação predial, sendo seu conteúdo fundamentado em projeto conceitual de um sistema designado por “Sistema Computacional para Automação Predial com Elementos de Propósito Geral” (SCAPE). Para esse sistema efetuou-se uma implementação, empregando-se o respectivo protótipo na realização de testes práticos direcionados à validação dos princípios de funcionamento pertinentes aos conceitos idealizados para o SCAPE, sendo os resultados comentados neste trabalho.

## 2. OBJETIVOS DO TRABALHO

Este trabalho tem por principal objetivo abordar aplicação dos conceitos de um sistema específico direcionado para automação predial, com utilização de elementos computacionais de propósito geral, tendo em vista proporcionar contribuição voltada para o desenvolvimento de sistemas afins, favorecendo a extensão da utilização de sistemas computacionais comumente empregados em instalações prediais domésticas e empresariais, que poderão incorporar recursos do tipo de automação em questão.

## 3. ARQUITETURA DO SCAPE

Esta arquitetura é exposta na Figura 1, sendo seus elementos descritos em subseções a seguir. De forma pertinente ao SCAPE, registra-se que sua idealização e desenvolvimento foram realizados pelo primeiro e o segundo autores deste trabalho, porém, no que tange a implementação desse sistema abordada neste trabalho, informa-se que: o projeto do sistema de bancos de dados foi realizado pelo terceiro autor; o desenvolvimento de *software* e a definição do *hardware*, foram realizados pelo quarto autor.

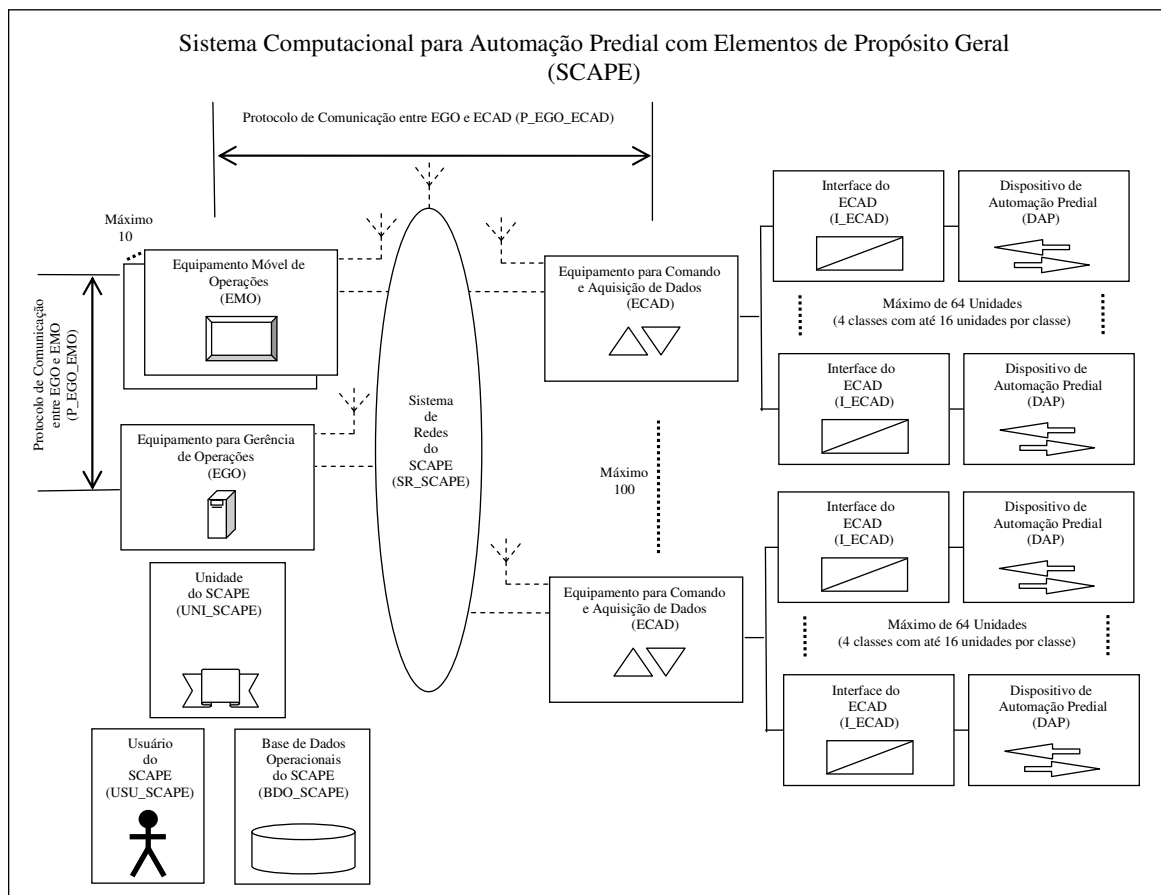


Figura 1: Arquitetura do SCAPE.

### 3.1. UNIDADE DO SCAPE (UNI\_SCAPE)

Representa a individualização da unidade do sistema, que atenderá determinadas instalações prediais em particular, sob abrangência do seu domínio. Dessa forma as unidades do SCAPE existirão em separado, sem que uma interfira na outra, atendendo instalações prediais e grupos de usuários distintos. Tal individualização é fundamentada nas “Informações de Identificação da UNI\_SCAPE” (INI\_UNI\_SCAPE), formadas pelo “Código de Identificação da UNI\_SCAPE” (CI\_UNI\_SCAPE), que possui 12 caracteres, e pela “Descrição da UNI\_SCAPE” (D\_UNI\_SCAPE), com 100 caracteres.

### 3.2. USUÁRIO DO SCAPE (USU\_SCAPE)

Este elemento representa os indivíduos que farão uso do SCAPE, havendo classificação em dois tipos designados por: “Tipo Funcional Administrador” (TFL\_ADM) e “Tipo Funcional Operador” (TFL\_OPE). O primeiro possui privilégio que permite realizar qualquer tipo de operação oferecida pelo SCAPE, incluindo as de configuração do sistema, que são as únicas exceções para o segundo. Para identificar cada indivíduo e representar o respectivo tipo funcional há no SCAPE um conjunto de informações, das quais destaca-se o “Código de Identificação do USU\_SCAPE” (CI\_USU\_SCAPE), que possui 16 caracteres. Dessos caracteres, destinou-se 1 para o “Tipo Funcional” (TFL), utilizando-se os 15 restantes para o “Discriminador de Indivíduo” (DIO).

### 3.3. EQUIPAMENTO MÓVEL DE OPERAÇÕES (EMO)

O EMO é um console para realização de operações no SCAPE, que permite aos usuários USU\_SCAPE acionar os comandos disponíveis pelo sistema, sendo exemplos desses comandos os que possibilitam: iniciar ou finalizar o sistema, estabelecendo o estados inicial e final, predeterminados, para seus componentes; ligar/desligar lâmpadas, individualmente ou em grupo; ligar/desligar a energia que supre cargas elétricas. Como exemplos de tipos de equipamentos existentes no mercado, que podem ser utilizados para realizar as funções do EMO, citam-se: *Tablet*, *Smartphone*, *Handheld* etc (ALVES, 2002; SAMSUNG, 2013; TRIX, 2013; TURBAN, RAINER JR e POTTER, 2007). No SCAPE é prevista a utilização de até 10 unidades do EMO em ligação direta (*on-line*) com o ECAD, podendo ser utilizadas comunicações com ou sem fios.

### 3.4. EQUIPAMENTO PARA GERÊNCIA DE OPERAÇÕES (EGO)

Este equipamento, que é único no sistema, realiza a gestão dos comandos proporcionados pelo SCAPE, abrangendo as comunicações com os equipamentos móveis EMO, bem como, com os equipamentos de comando e aquisição de dados ECAD. Em suas funções, recebe informações de comandos oriundos do EMO (operado por usuário USU\_SCAPE) e efetua os procedimentos previstos para a realização desses comandos, que incluem o envio sequencial de outros comandos para os equipamentos ECAD, cujas interfaces I\_ECAD interligadas permitirão acesso aos dispositivos DAP, para efetivação das funções de automação predial proporcionadas pelo SCAPE. Como exemplos de tipos de equipamentos existentes no mercado para implementação do EGO, estão os computadores pessoais do padrão Intel® *Architecture* (IA) ou equivalentes (INTEL, 2013; TANENMAUM, 2007; TORRES, 2001).

### 3.5. EQUIPAMENTO PARA COMANDO E AQUISIÇÃO DE DADOS (ECAD)

O ECAD, a partir de informações recebidas do EGO, realiza operações de leitura ou escrita nas respectivas interfaces I\_ECAD, sendo essas operações pertinentes a processamentos para sensoriamento ou atuação, envolvendo dispositivos de automação predial DAP. Ainda sobre essas operações, informa-se que as mesmas podem ser decorrentes da realização de comandos originários de acionamentos no EMO, entretanto, há situações nas quais o ECAD efetua operações independentes desses acionamentos, as quais são referentes à execução de procedimentos predeterminados, como no caso do processo de iniciação do sistema, que estabelece um estado inicial em todas as interfaces I\_ECAD. Para exercer as funções do ECAD podem ser utilizados computadores pessoais do tipo IA ou equivalentes, bem como, dispositivos microcontrolados dos tipos Haspberry Pi® (HASPBERYPYPI, 2013), Arduino (ARDUINO, 2013, MCROBERTS, 2011), Cubloc (CONFILE, 2013) etc. No SCAPE são previstos até 100 equipamentos ECAD, sendo possível em cada um desses acessar até 64 dispositivos DAP, organizados em 4 grupos, permitindo-se para cada grupo até 16 unidades de DAP do mesmo tipo. Cada tipo de DAP deve ser compatível com uma das quatro classes de I\_ECAD descritas na subseção seguir.

### 3.6. INTERFACE DO ECAD (I\_ECAD)

A interface I\_ECAD permite interligar os dispositivos de automação predial DAP ao respectivo equipamento ECAD, realizando as adequações de sinais eletrônicos que se fizerem necessárias. Há quatro classes de I\_ECAD designadas como segue: I\_ECAD para Entrada Digital (IED); I\_ECAD para Saída Digital (ISD); I\_ECAD para Entrada Analógica (IEA); I\_ECAD para Saída Analógica (ISA). Somente para as interfaces das classes analógicas IEA e ISA, há subclasses em função das resoluções previstas para as respectivas conversões Analógico-Digital (A/D) e Digital-Analógico (D/A).

Para as interfaces das classes digitais IED e ISD, os níveis de tensão associados aos estados lógicos dos respectivos *bits*, seguem o padrão TTL, *Transistor-Transistor Logic*, (IDOETA e CAPUANO, 2007). A classe IED é destinada ao interfaceamento de dispositivos DAP cuja integração com o SCAPE é do tipo entrada digital, sendo utilizados dois estados associados às operações desses dispositivos, representados por meio de variável composta de um *bit*, acessível para operações de leitura do ECAD. Para permitir essa leitura a entrada digital do ECAD deverá estar conectada à saída digital da I\_ECAD classe IED, que deverá ter sua entrada digital conectada à saída digital do dispositivo DAP. A classe ISD é semelhante a classe IED, porém, destinada a integração do tipo saída digital. Para permitir a escrita do ECAD, a saída digital desse equipamento deverá estar conectada à entrada digital da I\_ECAD classe ISD, que deverá ter sua saída digital conectada à entrada digital do dispositivo DAP. Como exemplos de produtos de mercado referentes a essas I\_ECAD, citam-se: Placa de Controle Duplo de Tomadas (com dois relés) do jHome Automation Starter Kit, fornecido pela Elétron Livre (ELÉTRONLIVRE, 2013); Sensor IR ROM-N338LM, da marca RAYTRON (RAYTRON, 2013).

A classe IEA é destinada ao interfaceamento de dispositivos DAP cuja integração com o SCAPE é do tipo entrada analógica, sendo utilizados valores referentes a conversões A/D, associados às operações desses dispositivos. Esses valores deverão ser acessíveis por meio de variável empregada para operações de leitura do ECAD, tendo quantidades de *bits* compatível com a resolução definida pela respectiva subclasse da I\_ECAD. Para permitir essa leitura, a saída analógica da I\_ECAD deverá ser ligada à entrada analógica do ECAD cujo conversor A/D possua resolução compatível com a funcionalidade do DAP interfaceado. Por outro lado, a conexão dessa I\_ECAD com o dispositivo DAP deverá ser realizada interligando-se a entrada analógica da primeira à saída analógica do segundo, havendo acoplamento de sinais de forma compatível com a funcionalidade do respectivo DAP. A classe ISA é semelhante a IEA, porém, destinada a integração do tipo saída analógica, sendo utilizados valores referentes as conversões D/A. Para permitir a escrita do ECAD, a entrada analógica da I\_ECAD classe ISA, deverá ser ligada à saída analógica do ECAD cujo conversor D/A possua resolução compatível com a funcionalidade do DAP interfaceado. Por outro lado, a conexão dessa I\_ECAD com o dispositivo DAP deverá ser realizada interligando-se a saída analógica da primeira à entrada analógica do segundo, havendo acoplamento de sinais de forma compatível com a funcionalidade do respectivo DAP. Como exemplos de produtos de mercado referentes a essas I\_ECAD, citam-se: Sensor de temperatura TMP, fornecido pela TATO Equipamentos Eletrônicos (TATO, 2013); Conversor analógico-digital ADC0804, fornecido pela Texas Instruments (TEXAS, 2013).

O SCAPE, quando aplicável, prevê para as interfaces I\_ECAD circuitos que isolam sua atuação, permitindo operação manual dos dispositivos DAP, como ocorre no caso do conceito de circuito com interruptores paralelo para acionamento de carga. Nesse caso, no lugar de um dos interruptores, estarão contatos NA e NF (Normalmente Fechado) de relé acionado pelo SCAPE.

### 3.7. DISPOSITIVOS DE AUTOMAÇÃO PREDIAL (DAP)

Esses dispositivos são empregados para sensoriamento ou atuação, na realização das funções de automação predial, possuindo entrada ou saída, a ser interligada à interface I\_ECAD para integração ao SCAPE. São exemplos de dispositivos DAP: aparelhos condicionadores de temperatura ambiente, luminárias, exaustores, portões automatizados, detectores de intrusão, sinalizadores sonoros para alarme etc. Entretanto, cada dispositivo DAP é dedicado a um determinado “Componente de Automação Predial” (CAP), sendo



exemplo desses: sensores de fechamento de porta/janelas, lâmpadas incandescentes, lâmpadas eletrônicas, motores de passo etc.

### 3.8. BASE DE DADOS OPERACIONAIS DO SCAPE (BDO\_SCAPE)

É composta de dados armazenados nos equipamentos do SCAPE, necessários para a realização das funções desse sistema de automação predial. Nesse contexto, para permitir a atuação de cada tipo de equipamento, são definidos os campos e os meios de armazenagem dos respectivos dados dessa base. De forma pertinente às exigências que ocorrem para cada tipo de equipamento, há, de forma relacional, a “Linha de Dados” (LiDa) cujos conteúdos são referentes aos campos utilizados para atender as mencionadas exigências. Para expor os campos de interesse para este trabalho é apresentada na Figura 2 parte da estrutura de uma LiDa pertencente ao equipamento EGO.

Conjunto de Campos na LiDa														
Organização dos Campos														
Quantidade de Octetos	(1)	(15)	(1)	(1)	(2)	(1)	(3)	(6)	(1)	(8)	(8)	(8)	(1)	(4)
Campos	Diferenciador entre DAP e CAP (D_DAP_CAP)	Código de Produto do DAP no SCAPE (CP_DAP_SCAPE)	Classe de E/S da LECAD (CIES_LECAD)	Subclasse de E/S da LECAD (SUES_LECAD)	Discriminador de Unidade da LECAD Associado à CIES_LECAD (DUIL_CIES_LECAD)	Tipo de EQUI_SCAPE (TEQ)	Discriminador de Unidade do EQUI_SCAPE Associado ao TEQ (DEQ)	Código do Grupo no SCAPE (COG_SCAPE)	Código do Estado do Enlace com o EGO (CEE_EGO)	Variável Operacional de Iniciação do DAP (YOL_DAP)	Variável Operacional de Finalização do DAP (VOF_DAP)	Variável Operacional de E/S do DAP (VOES_DAP)	Estado de Habilitação do EQUI_SCAPE (EH_EQUI_SCAPE)	Número da LiDa (NRO_LiDa)
	Código de Identificação de DAP (CI_DAP)		Código de Identificação de LECAD (CI_LECAD)			Código de Identificação do EQUI_SCAPE (CI_EQUI_SCAPE)								
	Conjunto de Campos para Dados das Interligações DAP:LECAD:ECAD (CCDI_DAP_ECAD)													

Figura 2: Estrutura da LiDa com campos de interesse.

### 3.9. PROTOCOLOS DE COMUNICAÇÃO P\_EGO\_EMO E P\_EGO\_ECAD

Tanto o “Protocolo de Comunicação entre o EGO e EMO” (P\_EGO\_EMO) como o “Protocolo de Comunicação entre o EGO e ECAD” (P\_EGO\_ECAD), são proprietários e fundamentados no “Protocolo de Comunicação entre o Medidor e o Coletor” (BIZARRIA, 2006), sendo no caso de suas aplicações no SCAPE, utilizados, respectivamente, para as comunicações entre os seguintes pares de equipamentos: EGO-EMO; EGO-ECAD. No protocolo P\_EGO\_EMO, o equipamento EGO atua como mestre e os equipamentos EMO como escravos, sendo as comunicações comandadas pelo primeiro. Situação análoga ocorre com o protocolo P\_EGO\_ECAD, porém, atuam como escravos os ECAD.

#### 3.9.1. ORGANIZAÇÃO DA FILA DE DADOS

As mensagens para as comunicações entre EGO-EMO e EGO-ECAD, são realizadas por meio de “Fila de Dados” (FD), cuja organização é exposta na Figura 3. Nessa figura os números entre parênteses indicam quantidade de octetos.

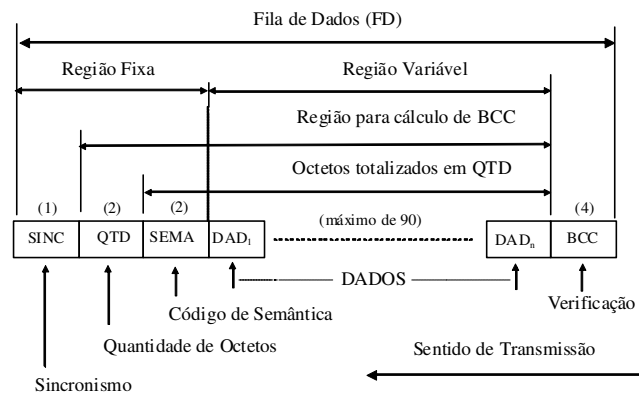


Figura 3: Organização da Fila de Dados (BIZARRIA, 2006).

### 3.9.1.1. CAMPOS DA REGIÃO FIXA

Para esta região os campos e as quantidades de octetos são fixas, sendo para os conteúdos dos octetos utilizados códigos ASCII (*American Standard Code for Information Interchange* - Código Padrão Americano para Troca de Informações) para representar caracteres, exceto para o campo SINC. Definiu-se para esses campos a seguinte representatividade: “SINC” (Sincronismo), é utilizado como marca para representar o início de uma FD, sendo para seu conteúdo utilizado um octeto com valor 06<sub>16</sub>; “QTD” (Quantidade de Octetos), possui dois octetos referentes a caracteres que concatenados representam números no sistema hexadecimal, utilizados para indicar a quantidade total de octetos formada por aqueles pertencentes ao campo SEMA e a Região Variável; “SEMA” (Semântica), possui dois octetos referentes a caracteres que concatenados representarão o código de semântica da FD. Na Tabela 1 são apresentados exemplos desses códigos referentes ao protocolo P\_EGO\_EMO, os quais são pertinentes a este trabalho.

Tabela 1: Exemplos de códigos de semântica utilizados no protocolo P\_EGO\_EMO.

Designação	Conteúdo do SEMA (hexadecimal)		Código de Semântica (caracteres)	Descrição
CDV_EMO	30	31	01	Comando de varredura de equipamento EMO.
R_CDV_EMO	30	32	02	EMO não solicita execução de comando.
R1_CDV_EMO	30	33	03	EMO solicita execução do comando CMD_0000000000 (Iniciação do SCAPE).
R2_CDV_EMO	30	34	04	EMO solicita execução do comando CMD_0000000001 (Finalização do SCAPE).
R3_CDV_EMO	30	35	05	EMO solicita execução do comando CMD_1001100000 (Leitura DAP_IND-IED_10-1bit).
R4_CDV_EMO	30	36	06	EMO solicita execução do comando CMD_1001200000 (Escrita DAP_IND-ISD_20-1bit).
R5_CDV_EMO	30	37	07	EMO solicita execução do comando CMD_1001330000 (Leitura DAP_IND-IEA_33-10 bits).
R6_CDV_EMO	30	38	08	EMO solicita execução do comando CMD_1001420000 (Escrita DAP_IND-ISA_42-4 bits).
R7_CDV_EMO	30	39	09	EMO solicita execução do comando CMD_1101200000 (Liga lâmpada).
R8_CDV_EMO	30	41	0A	EMO solicita execução do comando CMD_1101200001 (Desliga lâmpada).
R9_CDV_EMO	30	42	0B	EMO solicita execução do comando CMD_1102200000 (Liga grupo de lâmpadas).
R10_CDV_EMO	30	43	0C	EMO solicita execução do comando CMD_1102200001 (Desliga grupo de lâmpadas).
CFC_EMO	36	30	60	Comando de fim de comunicação com EMO.
COF_EMO	36	31	61	Confirmação de fim de comunicação do EMO.
REC_EMO	36	32	62	Resultado de execução de comando CMD_SCAPE, sem valores para o EMO
REC1_EMO	36	33	63	Resultado de execução de comando CMD_SCAPE, com valores para o EMO

Na Tabela 2, são apresentados exemplos de códigos de semântica referentes ao protocolo P\_EGO\_ECAD.



**Tabela 2:** Exemplos de códigos de semântica utilizados no protocolo P\_EGO\_ECAD.

Designação	Conteúdo do SEMA (hexadecimal)		Código de Semântica (caracteres)	Descrição
CIN_ECAD	38	30	80	Comando de iniciação das I_ECAD.
CFL_ECAD	38	31	81	Comando de finalização das I_ECAD.
CSE_I_ECAD	38	32	82	Comando de solicitação de escrita em I_ECAD.
CSL_I_ECAD	38	33	83	Comando de solicitação de leitura de I_ECAD.
R_CSL_I_ECAD	38	34	84	Resposta ao comando de solicitação de leitura de I_ECAD.
COF_ECAD	39	30	90	Confirmação de fim de comunicação do ECAD.
EPR_ECAD	39	31	91	ECAD em processamento de comando.

### 3.9.1.2. CAMPOS DA REGIÃO VARIÁVEL

Na “Região Variável” a quantidade de octetos pode variar em função dos campos necessários para cada FD, sendo permitido o mínimo de 0 (zero) e o máximo de 90, inclusive. Entretanto, os conteúdos desses octetos estão restritos ao intervalo que vai de 07<sub>16</sub> até FF<sub>16</sub>, inclusive. Os campos utilizados nessa região, referentes a este trabalho, são os seguintes:

- CTD\_CI\_UNI\_SCAPE (Conteúdo do CI\_UNI\_SCAPE ): Possui 12 octetos e utiliza o código de identificação da unidade do SCAPE (CI\_UNI\_SCAPE, na subsecção “3.1”) para discriminar os sistemas, de tal forma que as comunicações de uma unidade em particular tenham efeito somente nessa unidade, sendo rejeitadas pelas demais.
- ORI (Origem): Possui 4 octetos utilizados para identificar o equipamento de origem da FD. Para essa identificação empregam-se os mesmos conteúdos aplicados ao código de identificação do equipamento do SCAPE (CI\_EQUI\_SCAPE, na Figura 2), ou seja, aqueles referentes ao EGO, EMO e ECAD.
- DES (Destino): É similar ao ORI, porém, identifica o equipamento destinatário da FD. Este campo possui 4 octetos para os dados do CI\_EQUI\_SCAPE, analogamente ao empregado no campo ORI.
- CTD\_CCDI\_DAP\_ECAD (Conteúdo do CCDI\_DAP\_ECAD): Possui 24 octetos e tem por finalidade conter os dados aplicados ao conjunto de campos para dados das interligações DAP:I\_ECAD:ECAD (CCDI\_DAP\_ECAD, na Figura 2).
- CTD\_VOES\_DAP (Conteúdo padronizado para VOES\_DAP): Utiliza 8 octetos padronizados pela variável de entrada/saída do DAP (VOES\_DAP, na Figura 2), sendo esses utilizados para envio/recebimento de valores a serem escritos/lidos da I\_ECAD.
- CTD\_COG\_SCAPE (Conteúdo do COG\_SCAPE): Possui 6 octetos e tem por finalidade conter os dados aplicados ao código do grupo no SCAPE (COG\_SCAPE, na Figura 2).
- RSC (Resultado da Sessão de Comunicações EGO-ECAD para Execução de Comando): Informa o resultado da sessão de comunicações EGO-ECAD, para execução de comando originário do EMO. Utiliza 2 octetos cujos caracteres têm a seguinte representatividade: RSC=00 => “Sessão para execução de comando encerrada com sucesso”; RSC=01 => “Sessão para execução de comando encerrada com erro”; RSC=02 => “Há impedimento(s) para realização de sessão para execução de comando”.
- CEC (Conteúdo para Código de Erros CEPCPP\_SCAPE): Possui 3 octetos e contém os dados aplicados ao “Código de Erros para Procedimentos e Comunicações Pertinentes aos Protocolos do SCAPE” (CEPCPP\_SCAPE). Na Tabela 3 são apresentados exemplos do código de erros em questão.

**Tabela 3:** Exemplos do códigos de erros CEPCPP\_SCAPE.

<b>Relacionados ao protocolo P_EGO_EMO</b>		
Designação	Código	Descrição
P1_ERROA1	100	Não há EMO habilitado na BDO_SCAPE.
P1_ERRO01	101	Não houve resposta para a P1_CDV_EMO transmitida.
P1_ERRO02	102	FD de resposta do EMO diferente de P1_R_CD_EMO para a P1_CDV_EMO transmitida .
P1_ERRO03	103	Não houve resposta para a P1_CFC_EMO transmitida.
P1_ERRO04	104	FD de resposta do EMO diferente de P1_COF_EMO para a P1_CFC_EMO transmitida.
<b>Relacionados ao protocolo P_EGO_ECAD</b>		
P2_ERROA1	200	Não há ECAD habilitado na ADO_SCAPE.
P2_ERRO01	201	Não houve resposta para a P2_CIN_ECAD transmitida.
P2_ERRO02	202	FD de resposta do ECAD diferente de P2_COF_ECAD para a P2_CIN_ECAD transmitida.
P2_ERRO03	203	Não houve resposta para a P2_CFI_ECAD transmitida.
P2_ERRO04	204	FD de resposta do ECAD diferente de P2_COF_ECAD para a P2_CFI_ECAD transmitida.

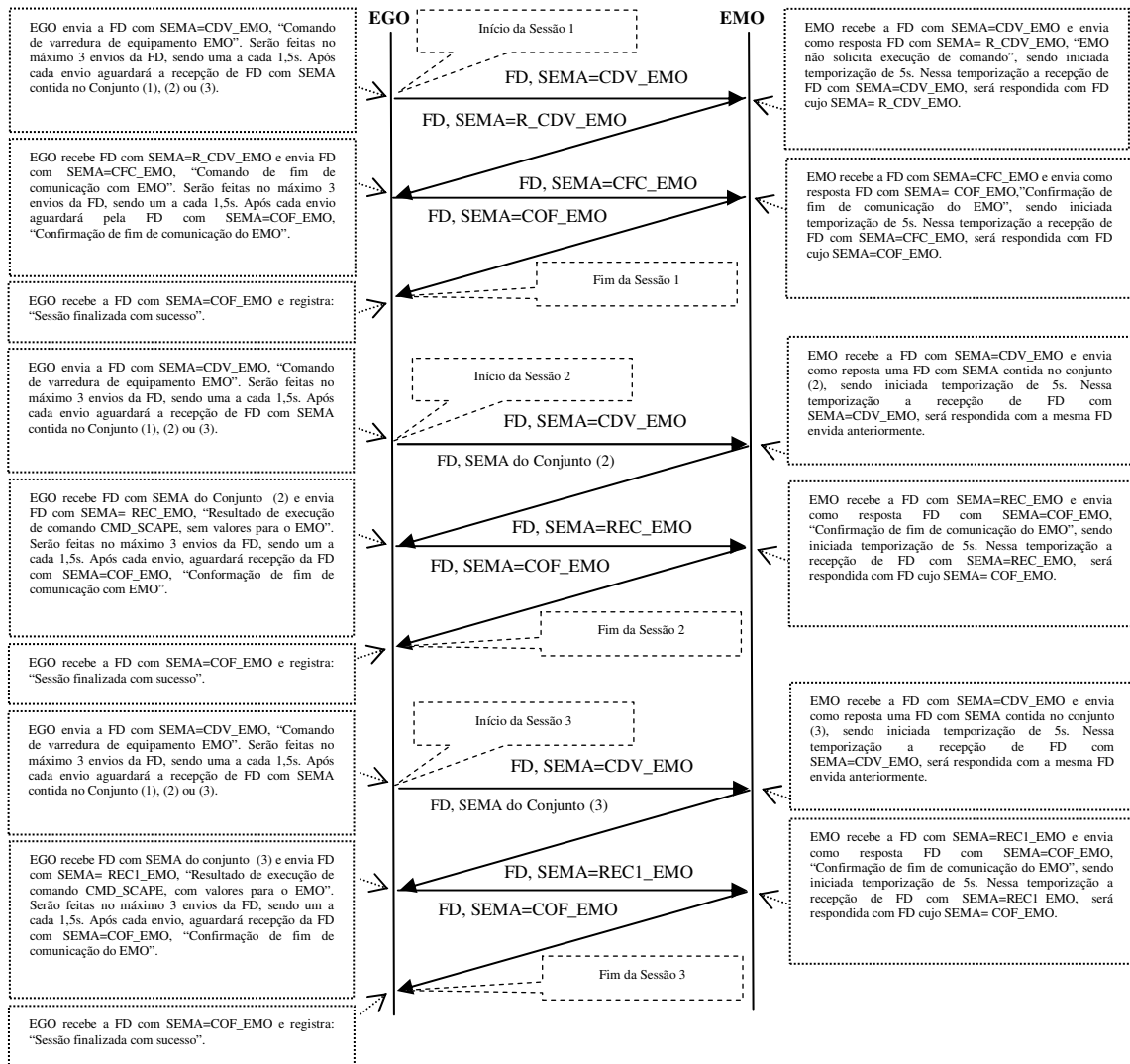
### 3.9.1.3. CAMPO BCC

O campo “BCC” é composto por 4 octetos referentes a caracteres que concatenados representarão números no sistema hexadecimal, utilizados para indicar o valor do CRC (*Cyclic Redundancy Check*, Verificação de Redundância Cíclica), que deverá ser determinado para os conteúdos dos octetos contidos na “Região para cálculo de BCC”. Para a determinação do valor do CRC deverá ser aplicado o algoritmo do CRC C.C.I.T.T. (DE SOUZA, 1999; TITELL, 2003), com valor inicial igual a  $0000_{16}$ , utilizando o seguinte polinômio:  $X^{16}+X^{12}+X^5+1$ .

### 3.9.2. EXEMPLOS DE SESSÕES COM COMUNICAÇÕES BEM SUCEDIDAS

Na Figura 4, são apresentados 3 exemplos de sessões com comunicações bem sucedidas entre os equipamentos EGO e EMO, referentes a varredura que o primeiro efetua sobre todos os EMO, no sentido de realizar os respectivos processamentos necessários aos funcionamento do SCAPE, que incluem a execução de comandos selecionados pelos usuários USU\_SCAPE. Para essa varredura o EGO envia a FD com semântica CDV\_EMO, podendo ocorrer uma das seguintes respostas referentes as sessões apresentadas:

- Na sessão 1, o EMO responde informando que não há solicitação de execução de comando, transmitindo FD com SEMA = R\_CDV\_EMO.
- Nas sessões 2 e 3, o EMO responde informando que há solicitação de execução de comando, transmitindo FD com uma das seguintes semânticas: R1\_CDV\_EMO (Iniciação do SCAPE); R2\_CDV\_EMO (Finalização do SCAPE); R4\_CDV\_EMO (Escrita DAP\_IND-*ISD\_20-1bit*); R6\_CDV\_EMO (Escrita DAP\_IND-*ISD\_42-4 bits*); R7\_CDV\_EMO (Liga lâmpada); R8\_CDV\_EMO (Desliga lâmpada); R9\_CDV\_EMO (Liga grupo de lâmpadas); R10\_CDV\_EMO (Desliga grupo de lâmpadas); R3\_CDV\_EMO (Leitura DAP\_IND-*IED\_10-1bit*); FD R5\_CDV\_EMO (Leitura DAP\_IND-*IEA\_33-10 bits*).



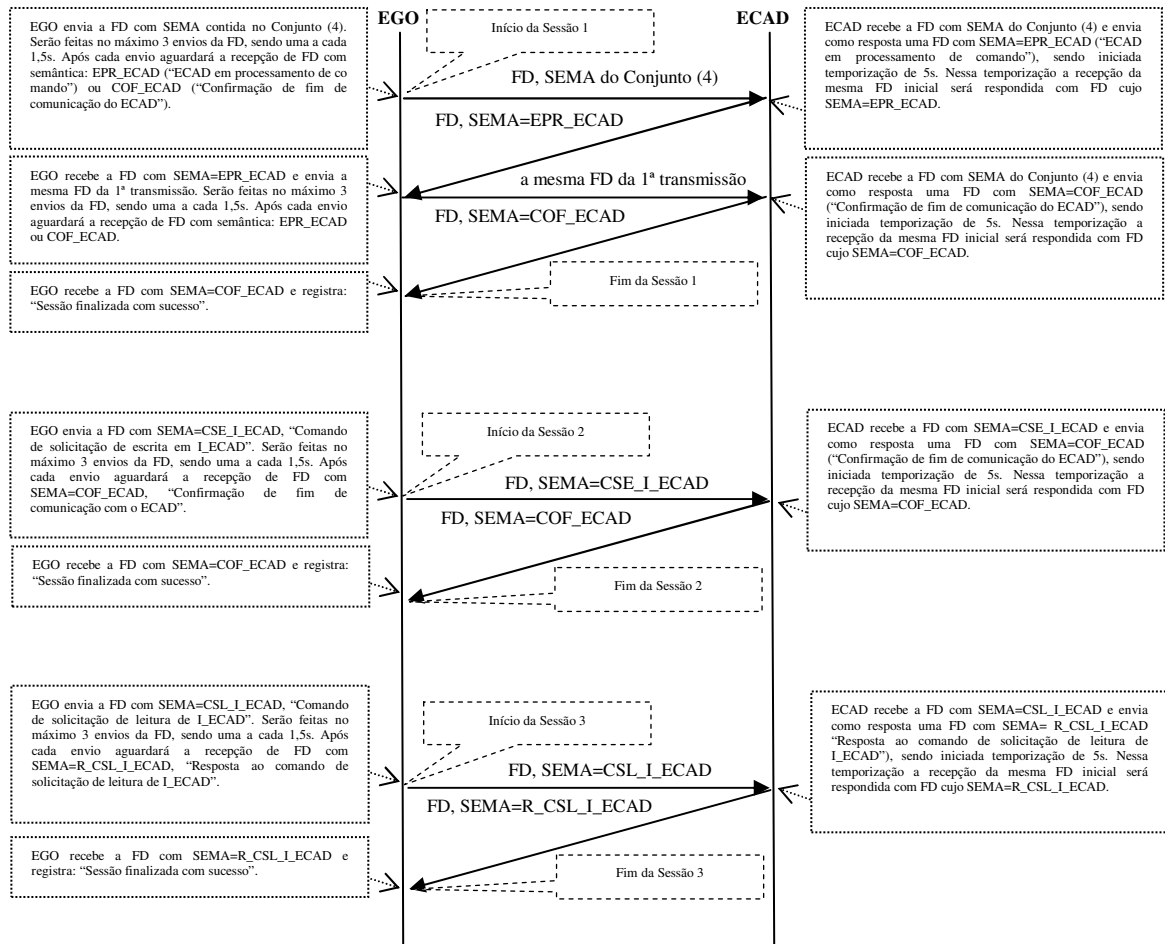
Conjunto (1) = { R\_CDV\_EMO }.

Conjunto (2) = { R1\_CDV\_EMO; R2\_CDV\_EMO; R4\_CDV\_EMO; R6\_CDV\_EMO; R7\_CDV\_EMO; R8\_CDV\_EMO; R9\_CDV\_EMO; R10\_CDV\_EMO }.

Conjunto (3) = { R3\_CDV\_EMO; R5\_CDV\_EMO }.

**Figura 4:** Exemplos de sessões com comunicações bem sucedidas entre EGO e EMO.

De forma relacionada com as comunicações expostas na Figura 4, são apresentadas na Figura 5, exemplos de 3 sessões com comunicações bem sucedidas entre EGO e ECAD, relativas a varredura de equipamentos EMO representada na Figura 4.



Conjunto (4) = { CIN\_ECAD; CFL\_ECAD }.

Observações:

I) As semânticas CIN\_ECAD e CFL\_ECAD, são referentes a outras designadas por: R1\_CDV\_EMO e R2\_CDV\_EMO.

II) A semântica CSE\_I\_ECAD é referente a outras designadas por: R4\_CDV\_EMO; R6\_CDV\_EMO; R7\_CDV\_EMO; R8\_CDV\_EMO; R9\_CDV\_EMO; R10\_CDV\_EMO.

III) A semântica CSL\_I\_ECAD é referente a outras designadas por: R3\_CDV\_EMO e R5\_CDV\_EMO.

**Figura 5:** Exemplos de sessões com comunicações bem sucedidas entre EGO e ECAD.

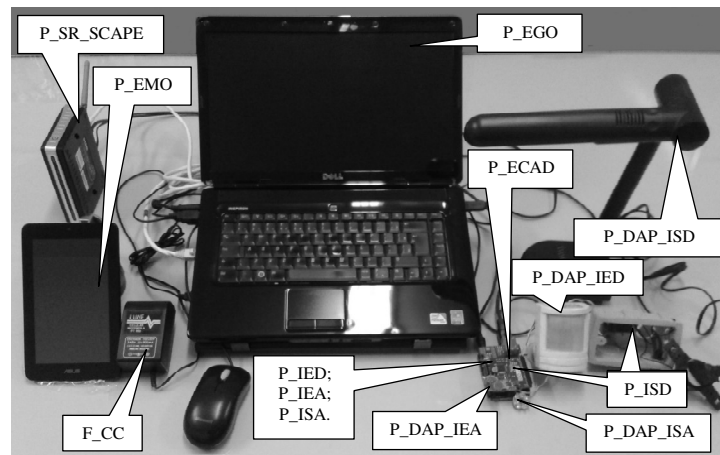
### 3.10. SISTEMA DE REDES DO SCAPE (SR\_SCAPE)

O sistema SR\_SCAPE abrange as redes de comunicação de dados necessárias para atender as funcionalidades do SCAPE, permitindo a execução dos procedimentos previstos nos protocolos P\_EGO\_EMO e P\_EGO\_ECAD, podendo incluir redes locais (LAN-Local Area Network) e/ou redes de longa distância (WAN-Wide Area Network). Para exemplo de LAN cita-se o padrão Ethernet com recursos do protocolo TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol), sendo exemplo de WAN a Internet (DE SOUSA, 1999; TITTEL, 2003). Esse sistema pode incluir meios de comunicação com ou sem fios, para atender as necessidades das respectivas aplicações.

## 4. TESTES PRÁTICOS

Para permitir avaliações sobre a validação dos princípios de funcionamento de elementos do SCAPE, realizaram-se testes práticos em protótipos desses elementos. Na

Figura 6 é exposta ilustração do *hardware* desses protótipos, cuja abreviação da designação dos respectivos elementos possui o prefixo “P\_”. Compõem esse *hardware* os seguintes elementos: Equipamento Móvel de Operações (P\_EMO); Equipamento para Gerência de Operações (P\_EGO); Equipamento para Comando e Aquisição de Dados (P\_ECAD); Interfaces I\_ECAD para Entrada Digital (P\_IED), Saída Digital (P\_ISD), Entrada Analógica dedicada a conversor A/D de 10 *bits* (P\_IEA); Saída Analógica dedicada a conversor D/A de 4 *bits*; Dispositivos de automação predial DAP compatíveis com as I\_ECAD de entrada digital (P\_DAP\_IED), saída digital (P\_DAP\_ISD), entrada analógica dedicada a conversor A/D de 10 *bits* (P\_DAP\_IEA); saída analógica dedicada a conversor D/A de 4 *bits* (P\_DAP\_ISA). Além desses elementos utilizou-se “Fonte de Alimentação CC” (F\_CC) para suprimento de energia Corrente Contínua (CC), requerido pelos seguintes protótipos: P\_ECAD e respectivas interfaces I\_ECAD; todos os referentes aos dispositivos DAP.



**Figura 6:** Ilustração do *Hardware* de protótipos de elementos do SCAPE.

Detalhes desses protótipos são apresentados nos itens a seguir, apontados pela abreviatura dos elementos exposta na Figura 6:

- P\_EMO: Para implementar as funções do EMO desenvolveu-se um aplicativo em linguagem Java (ORACLE, 2013), utilizando-se o ambiente integrado de desenvolvimento (IDE-*Integrated Development Environment*) ECLIPSE versão 3.7-indigo (ECLIPSE, 2013) e o dispositivo virtual com suporte para a versão 4.1.1 do Sistema Operacional (SO) Android (OHA, 2013) Posteriormente esse aplicativo foi instalado no P\_EMO, representado por um *Tablet* da marca ASUS, modelo MeMO Pad (ASUS, 2013), com SO Android versão 4.1.1.
- P\_EGO: Para esse protótipo utilizou-se um computador pessoal da marca DELL, modelo Inspiron 1545 (DELL, 2013), com SO GNU/Linux Fedora 16 (GNU, 2013). Para implementação das funções do EGO, desenvolveu-se um aplicativo em linguagem Java utilizando o IDE NetBeans versão 7.1 (NETBEANS, 2013) e sistema de gerenciamento de banco de dados PostgreSQL versão 9.1.7 (POSTGRE, 2013).
- P\_ECAD: Utilizou-se para esse protótipo um componente microcontrolado da marca Arduino, modelo UNO, com ETHERNET Shield (ARDUINO, 2013). As funções do ECAD foram implementadas por meio de um *software* cujo desenvolvimento foi fundamentado em linguagem C++, com recursos do Arduino Development Environment, versão 1.0.1 (ARDUINO, 2013).
- P\_IED: Nesta interface para entrada digital, utilizou-se circuito com resistores para interligação ao terminal de entrada digital do P\_ECAD e aos contatos Normalmente Abertos (NA) do relé existente no P\_DAP\_IED, utilizados na saída daquele protótipo.



- P\_ISD: Nesta interface para saída digital, utilizou-se circuito com transistor, resistores, diodo e relé. Na entrada desse circuito foi interligada a saída digital do P\_ECAD, empregada para controlar o acionamento do relé cujos contatos NA compõem a saída desta interface, que será interligada à entrada do P\_DAP\_ISD. Os mencionados contatos pertencem a um circuito que liga ou desliga o fornecimento de energia elétrica CA oriundo da concessionária que abastece o prédio no qual estão instalados os protótipos. Na saída desse circuito há uma tomada na qual poderão ser conectados os terminais de entrada de energia do P\_DAP\_ISD ou qualquer outra carga suportada pelo P\_ISD.
- P\_IEA: Nesta interface para entrada analógica, utilizou-se circuito com resistores para interligação ao terminal de entrada analógica do P\_ECAD cujo conversor A/D possui resolução de 10 *bits*. A entrada desse circuito foi ligada à saída do P\_DAP\_IEA, sendo acoplado o respectivo sinal analógico oriundo do sensoriamento proporcionado pelo DAP em questão.
- P\_ISA: Nesta interface para saída analógica, utilizou-se circuito provido de conversor D/A com resolução de 4 *bits*, sendo empregadas 4 saídas digitais do P\_ECAD para acionamento desse conversor. A saída desse circuito foi ligada à entrada do P\_DAP\_ISA, sendo acoplado o respectivo sinal analógico oriundo do acionamento proporcionado pelo P\_ECAD.
- P\_DAP\_IED: Para este DAP compatível com interface IED, utilizou-se um detector de intrusão com tecnologia de radiação infravermelha, da marca Crow (CROW, 2013; LISNIC, 2013), modelo MH10. Este DAP possui como saída contatos NA de um relé, que se fecham quando da detecção de intrusão.
- P\_DAP\_ISD: Para este DAP compatível com interface ISD, utilizou-se uma luminária de mesa, da marca Bronzearte (BRONZEARTE, 2013), modelo Pelicano. Os terminais de entrada de energia elétrica deste DAP foram conectados à tomada de saída da interface P\_ISD, sendo o fornecimento de energia elétrica controlado pelos contatos NA do relé pertencente àquela interface. Para esse utilização o interruptor existente na mencionada luminária foi mantido com os contatos fechados, sendo o ligamento e o desligamento da respectiva lâmpada controlado por meio do protótipo do SCAPE.
- P\_DAP\_IEA: Para este DAP compatível com interface IEA, utilizou-se um detector de luz ambiente, construído a partir de célula fotoelétrica (LDR, *Light-Dependent Resistor*) fornecida pela RS (RS, 2013), modelo NSL19-M51. Este DAP possui como saída sinal analógico que diminui o valor da tensão CC em função do aumento da luminosidade ambiente, sendo o intervalo dessa variação compatível com a interface P\_IEA.
- P\_DAP\_ISA: Para este DAP compatível com interface ISA, utilizou-se um circuito de iluminação com 5 fontes de luz do tipo LED, *Light Emitting Diode* - Diodo Emissor de Luz (KINGBRIGHT, 2013). A variação da tensão na entrada desse circuito é diretamente proporcional à intensidade de luz emitida pelos LEDs, permitindo compatibilidade com a saída da interface P\_ISA.
- P\_SR\_SCAPE: Para o protótipo do sistema de redes SR\_SCAPE, utilizou-se uma rede do padrão *Ethernet*, sendo implementado os protocolos P\_EGO\_EMO e P\_EGO\_ECAD, transportando as FD por meio de *Sockets* com recursos do TCP/IP. Para as comunicações entre o P\_EGO e o P\_ECAD utilizou-se conexão através de cabos terminados em conectores do padrão RJ45, entretanto, as para as comunicações entre o P\_EGO e o P\_EMO utilizou-se conexão sem fios no padrão Wi-Fi Alliance®



(WIFIALLIANCE, 2013). Para atender ambos os casos de conexão, empregou-se um roteador da marca D-Link (DLINK, 2013), modelo DIR-300.

- F\_CC: Para esta fonte de alimentação utilizou-se produto da marca LUNE (LUNE, 2013), com entrada para 110/220 VAC e saída de 13 VDC, 800 mA.

Nos testes práticos os protótipos funcionaram conforme o esperado, apresentado resultados satisfatórios que permitiram validar os princípios de funcionamento dos elementos do SCAPE implementados. Dentre as operações realizadas com o P\_EMO destacam-se aquelas que permitiram: iniciar/finalizar o sistema; acender/apagar a lâmpada do P\_DAP\_ISD; observar a detecção intrusão proporcionada pelo P\_DAP\_IED; observar a variação dos níveis de intensidade da luz ambiente, decorrente do sensoriamento proporcionado pelo P\_DAP IEA; modificar o nível de iluminação do P\_DAP\_ISA, dentro dos 16 valores disponíveis.

## 5. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi apresentada abordagem sobre aplicação dos conceitos de um sistema específico direcionado para automação predial, sendo utilizados elementos computacionais de propósito geral. Nesta abordagem foram explorados concepções de: arquitetura de sistema; campos utilizados em estruturas dados; protocolos de comunicação; tipos de comandos; integração de componentes de automação predial; extensão da utilização de sistemas computacionais comumente empregados em instalações prediais domésticas e empresariais. Os resultados apresentados pelos protótipos nos testes práticos foram satisfatórios, validando os princípios de funcionamento dos elementos implementados. Os objetivos propostos foram atingidos, haja vista que os estudos expostos proporcionam contribuição voltada para o desenvolvimento de sistemas afins, favorecendo as atividades de P&D relacionadas com automação predial, aumentando o legado pertinente.

## 6. REFERÊNCIAS

- ALVES, W. P. Palm OS e Windows CE: desenvolvimento de aplicações. São Paulo: Érica, 2002.
- ARDUINO, Arduino. Homepage. Disponível em: <<http://www.arduino.cc>>. Acesso em: 28/04/2013.
- ASUS, ASUSTeK Computer Inc. Homepage. Disponível em: <<http://br.asus.com/>>. Acesso em: 08/03/2013.
- BIZARRIA, J.W.P. Leitura Automatizada de Medidores de Consumo de Energia Elétrica Eletromecânicos. 2006. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BRONZEARTE, BRONZEARTE Lâmpadas e Luminárias. Homepage. Disponível em: <<http://www.bronzeart.com.br/>>. Acesso em: 12/04/2013.
- CONFILE, Confile Techonology Inc. Homepage. Disponível em: <<http://www.cubloc.com/>>. Acesso em: 10/04/2013.
- CROW, The Crow Group. Homepage. Disponível em: <<http://www.thecrowgroup.com/>>. Acesso em: 19/03/2013.
- DE SOUSA, L. B. Redes de Computadores: Dados, Voz e Imagem. 3. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 1999.
- DELL, Dell Inc. Homepage. Disponível em: <<http://www.dell.com/>>. Acesso em: 02/03/2013.
- DLINK, D-Link Corporation/D-Link Systems, Inc. Homepage. Disponível em: <<http://www.dlink.com.br/>>. Acesso em: 12/03/2013.
- ECLIPSE, The Eclipse Foundation. Homepage. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/>>. Acesso em: 02/03/2013.
- ELEKTOR. “Domótica – O Futuro da Automação Residencial”, Elektor – Eletronica e Microinformática. Editorial Bolina, Ano 4, Nº 41, 2011.



**ELÉTRONLIVRE, Elétron Livre Ltda.** Homepage. Disponível em: <[www.eletronlivre.com.br](http://www.eletronlivre.com.br)>. Acesso em: 10/03/2013.

**GNU, GNU Operating System.** Homepage. Disponível em: <<http://www.gnu.org>>. Acesso em: 21/03/2013.

**HASPBERRYPI, Raspberry Pi®.** Homepage. Disponível em: <<http://www.raspberrypi.org>>. Acesso em: 09/03/2013.

**IDOETA, I. V. e CAPUANO, F. G.** Elementos de Eletrônica Digital. 40. ed. São Paulo: Érica, 2007.

**INTEL, Intel® Corporation.** Homepage. Disponível em: <<http://www.intel.com>>. Acesso em: 21/03/2013.

**KINGBRIGHT, Kingbright: opto-electronic components.** Homepage. Disponível em: <<http://www.kingbright.com/>>. Acesso em: 17/03/2013.

**LISNIC, Lisnic Group Security Systems™.** Homepage. Disponível em: <<http://www.lisnic.com>>. Acesso em: 19/03/2013.

**LUNE, LUNE Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda.** Homepage. Disponível em: <<http://www.lunetransformadores.com.br/>>. Acesso em: 16/03/2013.

**MCRBERTS, M.** Arduino básico. São Paulo: Novatec Editora, 2011.

**NETBEANS, NetBeans.** Homepage. Disponível em: <<https://netbeans.org/>>. Acesso em: 01/03/2013.

**ORACLE, ORACLE Corporation.** Homepage. Disponível em: <<http://www.oracle.com/>>. Acesso em: 01/03/2013.

**OHA, OPEN HANDSET ALLIANCE.** Homepage. Disponível em: <<http://www.openhandsetalliance.com/>>. Acesso em: 05/03/2013.

**POSTGRE, PostgreSQL.** Homepage. Disponível em: <<http://www.postgresql.org/>>. Acesso em: 08/03/2013.

**RAYTRON, RAYTRON CO.** Homepage. Disponível em: <<http://www.raytron.co.kr/>>. Acesso em: 03/03/2013.

**ROSÁRIO, J. M.** Automação industrial. São Paulo: Baraúna, 2009.

**RS, RS Components.** Data Sheet: NSL19-M51. Disponível em: <<http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/001a/0900766b8001a9d6.pdf>>. Acesso em: 05/03/2013.

**SAMSUNG, Samsung.** Homepage. Disponível em: <<http://www.samsung.com/br/#latest-home>>. Acesso em: 08/03/2013.

**TANENBAUM, A. S.** Organização estruturada de computadores. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

**TATO, Tato Equipamentos Eletrônicos.** Homepage. Disponível em: <<http://www.tato.ind.br>>. Acesso em: 19/03/2013.

**TEXAS, Texas Instruments.** Homepage. Disponível em: <<http://www.ti.com/>>. Acesso em: 07/03/2013.

**TITTEL, E.** Teoria e Problemas de Redes de Computadores. Coleção Schaum. Porto Alegre: Editora Bookman, 2003.

**TORRES, G. H.** Hardware curso completo . 4. ed. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil Editora, 2001.

**TRIX, TRIX TECNOLOGIA Ltda.** Homepage. Disponível em: <<http://www.trixtec.com.br>>. Acesso em: 12/04/2013.

**TURBAN, E.; RAINER JR, R. K.; POTTER, R. E.** Introdução a Sistemas de Informação. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

**WIFIALLIANCE, Wi-Fi Alliance®.** Homepage. Disponível em: <<http://www.wi-fi.org>>. Acesso em: 14/04/2013.