



ZBAT - Battery
 ZBSH - Bushing
 ZCAB - Power cable
 ZCAP - Capacitor bank
 ZCON - Converter
 ZGEN - Generator
 ZGIL - Gas insulated line
 ZLIN - Power overhead line
 ZMOT - Motor
 ZREA - Reactor
 ZRRC - Rotating reactive component
 ZSAR - Surge arrestor
 ZTCF - Thyristor controlled frequency converter

Na IEC/61850-7-4, cada um desses **Logical Nodes** é descrito através dos seus vários **Data Objects**, sendo que os **Data Objects** podem possuir estruturas idênticas de **Data Attributes**. A essas estruturas comuns se dá o nome de '*Common Data Classes*' ou CDC. Tomemos como exemplo o **Logical Node** XSWI:

Data Object	Common Data Class	Descrição
Loc	SPS	Local operation
EEHealth	INS	External equipment health
EEName	DPL	External equipment name plate
OpCnt	INS	Operation counter
ChaMotEna	SPC	Charger motor enabled
Pos	DPC	Switch position
BlkOpn	SPC	Block opening
BlkCls	SPC	Block closing
SwTyp	INS	Switch type (intertrip, permissive, block,...)
SwOpCap	INS	Switch oper. capability of power shunt
MaxOpCap	INS	Operating capability when fully charged

Tabela Anexo 17 - 1: Logical Node XSWI.

Pode-se observar, por exemplo, que os **Data Objects** *ChaMotEna*, *BlkOpn* e *BlkCls* são do mesmo tipo de CDC, no caso o SPC - *Single Point Controllable*. Da mesma forma, vários outros **Data Objects** de outros **Logical Nodes** também são do CDC SPC. Na IEC/61850-7-3 os '*Common Data Classes*' são definidos. Tomemos como exemplo os principais **Functional Constraints** do CDC SPC citado acima:



Attribute Name	Attribute Type	Descrição
Functional Constraint – Control (FC = CO)		
ctlVal	BOOLEAN	estado solicitado pelo controle supervisor
operTm	TimeStamp	data-hora para a operação de controle
origin	Originator	origem do pedido de controle
ctlNum	INT8U	identificador da operação de controle
Functional Constraint – Status (FC = ST)		
origin	Originator	origem do último controle realizado
ctlNum	INT8U	identificador do último controle realizado
stVal	BOOLEAN	estado corrente da chave
q	Quality	flags de qualidade
t	TimeStamp	data-hora da última variação
stSeld	BOOLEAN	estado de seleção
Functional Constraint – Configuration (CF = CF)		
pulseConfig	PulseConfig	forma de onda dos pulsos
ctlModel	CtlModels	ctrl direct ou SBO c/s enhanced security
sboTimeout	INT32U	timeout para seleção do controle
sboClass	SboClasses	operate-once ou operate-many
Functional Constraint – Description (FC = DC)		
d	VISIBLE STRING255	descrição do common-data-class
dU	UNICODE STRING255	idem em UNICODE

Tabela Anexo 17 - 2: Common Data Class SPC (Single Point Controllable).

Aqui foi introduzido o conceito de *Functional Constraints* que são agrupamentos de *Data Attributes* da mesma função. A norma define vários *Functional Constraints*, sendo que 4 deles aparecem citados na tabela acima.

Considerando os *Functional Constraints*, esta seria a forma correta de se referenciar aos *Data Attributes*, pertencentes ao mesmo FC em um *Data Object* simples, equivalentes aos dois exemplos citados acima:

- MMXU\$MX\$PhV\$phsB\$...(decomposto num exemplo anterior sem o FC MX ser citado)
- XSWI\$ST\$BlkOpn\$...

Na Tabela Anexo 17 - 2 podemos observar que alguns *Data Attributes* são primitivos, cujos tipos de dados são expressos em letras maiúsculas, enquanto outros são construídos, como por exemplo, o tipo 'PulseConfig' que contém informações da largura do pulso em on, em off e o número de pulsos. Todos os *Data Attributes* construídos também estão descritos no volume IEC/61850-7-3.

A lista completa de *Common Data Classes* é mostrada a seguir, organizada em grupos segundo a interpretação que o SAGE dá para esses CDCs (esta organização de grupos não faz parte da norma; os CDCs foram listados dessa forma para melhor compreensão do mapeamento desse modelo no SAGE).

CDCs grupo D

- SPC - Controllable single point
- DPC - Controllable double point
- SPS - Single point status
- DPS - Double point status
- ACT - Protection activation information



ACD - Directional protection activation information

SPG - Single point setting

CDCs grupo T

NC - Controllable integer status

BSC - Binary controlled step position information

ISC - Integer controlled step position information

INS - Integer status

SEC - Security violation counting

BCR - Binary counter reading

ING - Integer status setting

CDCs grupo A

MV - Measured value

CMV - Complex measured value

SAV - Sampled value

WYE + Phase to ground related measured values of 3 phase system

DEL + Phase to phase related measured values of 3 phase system

SEQ + Sequence

APC - Controllable analogue set point information

ASG - Analogue setting

CDCs grupo N

HMV - Harmonic Value

HWYE - Harmonic value for WYE

HDEL - Harmonic value for DEL

CURVE - Setting curve

DPL - Device name plate

LPL - Logical node name plate

CSD - Curve shape description

Os três CDC marcados com '+' são compostos e os demais são simples.

O mapeamento desse modelo de dados com o modelo MMS é descrito na IEC/61850-8-1. Os principais itens desse mapeamento são mostrados na tabela a seguir, relacionando o objeto do IEC/61850 com o objeto do MMS. Nessa tabela é introduzido o conceito de Data Set, que é o agrupamento de uma coleção de itens de *Data Objects* e/ou *Data Attributes*.

Modelo IEC/61850	Modelo MMS
IED	VMD
Logical Device	Domain
Logical Node / DataObject / Data Attribute	Named Variable
Data Set	Named Variable List

Tabela Anexo 17 - 3: Elementos do mapeamento do modelo de dados no MMS.



17.1.2 Modelo de Serviços do IEC/61850

Assim como os volumes IEC/61850-7-3 e 4 detalham o modelo de dados, o volume IEC/61850-7-2 detalha o modelo de serviços. O modelo é constituído de serviços organizados em grupos. Os grupos e seus principais serviços são listados a seguir:

Application Association Services

- Gerência de associações 'two-party' (**Associate**)
- Associação a grupos de difusão multicast (**GOOSE/Sampled-Values**)

Server Services

- Obtenção da lista de Logical Devices e Arqs (**GetServerDirectory**)

Logical Device Services

- Obtenção da lista de Logical Nodes (**GetLogicalDeviceDirectory**)

Logical Node Services

- Listas de DataSets e Objetos diversos (**GetLogialNodeDirectory**)
- Leitura dos dados de um Logical Node (**GetAllDataValues**)

Data Object Services

- Obtenção da lista de Data Attributes (**GetDataDirectory**)
- Obt. definição da estrutura de Data Object (**GetDataDefinition**)
- Leitura de Data Objects (**GetDataValues**)
- Escrita de Data Objects (**SetDataValues**)

Data Set Services

- Obt. lista de componentes de um Data Set (**GetDataSetDirectory**)
- Criação e apagamento de DataSets (**Create/DeleteDataSet**)
- Leitura de um Data Set (**GetDataSetValues**)
- Escrita de um Data Set (**SetDataSetValues**)

**Setting Group Services – Setting Group Control Block**

- Seleção do Setting Group ativo (**SelectActiveSG**)
- Seleção de um Setting Group para edição (**SelectEditSG**)
- Edição de um Setting Group (**SetSGValues**)
- Confirmação da edição de um Setting Group (**ConfirmEditSGValues**)
- Obtenção dos valores de um Setting Group (**GetSGValues**)
- Gerência do Setting Group Control Block (**GetSGCBValues**)

Report Services – Report Control Block

- Gerência de Buffered Report Control Blocks (**Get/SetBRCBValues**)
- Gerência de Unbuffered Report Control Blocks (**Get/SetURCBValues**)
- Mensagens com Reports (**Send/Receive-Report**)

Log Services – Log Control Block

- Gerência de um Log Control Block (**Get/SetLCBValues**)
- Consulta a Logs (QueryLogByTime/QueryLogAfter/GetLogStatusValue)

Generic Substation Event (GSE) Services – GOOSE/GSSE Ctrl Blocks

- Gerência de GOOSE Control Blocks (**Get/SetGoCBValues**)
- Mensagens GOOSE (Send/Receive-GOOSEMessage)
- Gerência de GSSE Control Blocks (**Get/SetGsCBValues**)
- Mensagens GSSE (Send/Receive-GSSEMessage)

Sampled Values (SV) Services – MSVCB/USVCB Control Blocks

- Gerência de Multicast Sampled Values CBs (**Get/SetMSVCBValues**)
- Gerência de Unicast Sampled Values CBs (**Get/SetUSVCBValues**)
- Mensagens com Sampled Values (**Send/Receive-MSVMessage**)

Control Services

- Direct Control (**Operate**)



- Select Before Operate ([Select](#) / [SelectWithValue](#))
- Execução em horário determinado ([TimeActivatedOperate](#))
- Enhanced security ([CommandTermination](#))

Time Services

- Serviços do NTP (Network Time Protocol) e SNTP (Simple NTP)

Pode-se notar pela lista de serviços acima que a maioria deles é baseada na existência de Control Blocks. Todos os blocos de controle são [Data Objects](#) especiais que residem nos IEDs (servidores) cuja escrita pelo cliente (SAGE) de valores específicos proporciona o funcionamento de máquinas de estado nesses IEDs responsáveis pela execução da tarefa designada para o Control Block.

Os mais importantes (usados pelo SAGE) são os Buffered/Unbuffered Report Control Blocks e os GOOSE Control Blocks. Neles, o cliente programa as características de envio espontâneo de informações que o IED usará para transmitir dados organizados em [DataSets](#), os quais podem ser definidos estaticamente ou dinamicamente, dependendo da capacidade do IED.

Tal como o mapeamento do modelo de dados, o mapeamento desse modelo de serviços no MMS (ISO/9506-1 e 2) e no protocolo Ethernet (ISO/IEC 8802-3), também é descrito IEC/61850-8-1. Os principais itens desse mapeamento são mostrados a seguir, relacionando o serviço do IEC/61850 com o serviço MMS:

Modelo IEC/61850	Modelo MMS
Associate	Initiate
GetServerDirectory	GetNameList ObjectClass=domain (para LogicalDevices)
GetLogicalDeviceDirectory	GetNameList ObjectClass=namedVariable (variáveis sem \$)
GetLogicalNodeDirectory	GetNameList ObjectClass=namedVariable (filtros diversos)
	GetNameList ObjectClass=namedVariableList
GetAllDataValues	Read (listOfvariables) namedVariable=LogicalNode
GetDataDirectory	GetNameList ObjectClass=namedVariable
GetDataDefinition	GetVariableAccessAttributes
GetDataValues	Read (listOfvariables) namedVariables=Objects/Attributes
GetDataSetDirectory	GetNamedVariableListAttributes
CreateDataSet	DefineNameVariableList
DeleteDataSet	DeleteNameVariableList
GetDataSetValues	Read (variableListName=DataSet)
Get/SetBRCBValues	Read/Write namedVariable=Object com FC=BR
Get/SetURCBValues	Read/Write namedVariable=Object com FC=RP
Report	InformationReport
Get/SetGoCBValues	Read/Write namedVariable=Object com FC=GO
GOOSEMessage	frame ethernet (ASN.1/BER mas não MMS)
Operate	Write namedVariable=Object\$ Oper
Select	Read namedVariable=Object\$ SBO
SelectWithValue	Write namedVariable=Object\$ SBOw
CommandTermination	InformationReport
Get/SetLCBValues	Read/Write namedVariable=Object com FC=LG
QueryLog	ReadJournal
GetLogStatusValue	ReportJournalStatus

Tabela Anexo 17 - 4: Mapeamento entre serviços do IEC/61850 e do MMS.



17.1.3 Mapeamento do Modelo IEC/61850 no SAGE

A implementação no SAGE dos protocolos definidos na IEC/61850 faz um mapeamento das várias entidades e atributos dos modelos definidos na norma, relacionando-os às entidades e atributos definidos no modelo da base de dados do SAGE. Este mapeamento é feito com o objetivo de possibilitar que a operação sob este protocolo seja feita de maneira idêntica à que é feita sob outros protocolos que implementam configurações (CNF) baseadas em ligações SCADA (LSC) do tipo multiligação (MUL), como, por exemplo, o protocolo TASE2/ICCP.

No SAGE, o processo conversor de protocolo denominado 'i61850' executa as funções de cliente para a aquisição/controle de dados de tempo-real, sob estes protocolos, MMS e GOOSE.

No mapeamento aqui descrito, o mecanismo mais importante a ser entendido é o que permite relacionar a complexa estrutura de **Data Attributes** e **Data Objects** do modelo de dados do IEC/61850, composta de vários nesting levels e vários atributos em cada um desses níveis, com o modelo SCADA de pontos do SAGE.

Para entender esse mapeamento, tomemos como exemplo o caso mais complexo, onde o **Data Object** tem 2 nesting levels e o **Data Attribute** tem 3. Trata-se do mesmo exemplo já apresentado anteriormente, mas com o **Functional Constraint** MX (medições) especificado, ...

SBaE1Q1Measurements/TF5MMXU3\$MX\$PhV\$phsB\$instCval\$ang\$

... que é o da medição (MX) instantânea (instCval) do ângulo (ang) de tensão (PhV) da fase B (phsB), em ponto flutuante (f), de um determinado Logical Node (medindo o transformador TF5 através do terceiro MMXU do Logical Device referenciado) do tipo MMXU de um determinado Logical Device (SBaE1Q1Measurements).

Iniciamos então o mapeamento definindo o IED SBa e esse seu Logical Device que, como será visto adiante, se relacionam com as entidades CNF e NV1 respectivamente:

CNF ID=SBa

NV1 ID=xxx (livre) CONFIG=SBaE1Q1Measurements

NV2 ID=yyy (livre)

O SAGE então oferece duas alternativas para o mapeamento desse e de qualquer outro tipo de dado do modelo IEC/61850. Na **primeira alternativa de mapeamento**, a mais recomendada, o dado a ser mapeado em um ponto físico **PAF** do SAGE deve ser o correspondente ao CDC simples do seu **Data Object**.

Neste caso, consultando o Logical Node MMXU na IEC/61850-7-4, obtemos a informação que o Data Object 'PhV' é do CDC (composto) WYE. Consultando então a IEC/61850-7-3, obtemos a informação que um dos componentes desse CDC composto é a 'phsB' que é do CDC simples CMV. Ainda na IEC/61850-7-3 podemos ver que o CDC CMV tem, dentre outros, os Data Attributes construídos 'instCval' e 'cval' relativos à medição instantânea (instCval) ou submetida a uma banda morta (cval), sendo que de cada um deles pode-se extrair a medição propriamente dita (mag) ou o ângulo (ang).



Temos então no CDC simples CMV, quatro informações que podem ser mapeadas em quatro pontos físicos do SAGE:

- 0 - medição sob banda morta da tensão
- 1- medição sob banda morta do ângulo da tensão
- 2 - medição instantânea da tensão
- 3 - medição instantânea do ângulo da tensão

O atributo ID deverá referenciar o CDC simples e, caso seja necessário diferencia-lo das outras 3 informações disponíveis no CDC, adiciona-se um sufixo-id com um traço e algumas letras livres (-ai) que façam essa diferenciação. Um outro conjunto de letras livres mais um traço caracterizam um prefixo-id, também diferenciador (SBa-), já que outro IED configurado na base de dados também pode ter uma terceira instância de MMXU alocada a um transformador identificado como TF5.

```

P      ID=      SBa-TF5MMXU3$MX$PhV$phsB-
AF      ai
      NV2=      yyy
      KCON      CMV3
V3=
      KCON      -1 ou 0 ou +1 ou +2
V2=

```

Seguindo o mapeamento, o KCONV3 informa o CDC (na parte alfabética) e qual informação desejamos, dentre as oferecidas por aquele CDC. O número 3 indicou a escolha da medição instantânea do ângulo, feita para este PAF.

Completando o mapeamento, o KCONV2 define o *nesting level* relativo ao do CDC simples que o IED usará para reportes espontâneos deste item em um DataSet pré-configurado no IED. Ele será zero quando o IED permitir a configuração dinâmica de DataSets. Caso o IED tenha DataSets pré-configurados, um dos itens de um dos DataSets pode referenciar-se a esse ponto dentro de um CDC composto, TF5MMXU3\$PhV\$phsB\$instCval ou dentro de uma das duas opções de atributo construído deste CDC, TF5MMXU3\$PhV\$phsB\$instCval\$ang. Para o primeiro caso (CDC composto) o KCONV2 é -1 e para os outros dois (atributos construídos) é +1 ou +2 respectivamente. Se ele estiver incluído no DataSet exatamente como seria se o DataSet fosse criado pelo SAGE, ou seja, como TF5MMXU3\$PhV\$phsB, o KCONV2 também será zero.

A **segunda alternativa de mapeamento**, menos recomendada, considera a especificação do item primitivo. Neste caso o ID do **PAF** é completo, não necessitando de sufixo-id, e o KCONV3 não se referencia a CDCs:

```

PAF      ID=      SBa-TF5MMXU3$PhV$phsB$instCval$ang$f
      NV2=      yyy
      KCONV3=      IEEE
      KCONV2=      0

```




Observe-se que, nesse caso, não disporemos de informações de qualidade e *time-tag*, que são atributos do CDC.

Uma vez entendido o mapeamento do modelo de dados, devemos entender o mapeamento do modelo de serviços, estabelecido pelo cliente SAGE conforme o especificado na IEC/61850-7-2.

Inicialmente o cliente SAGE estabelece a associação “two-party” (**Associate**) com o servidor do IED através dos serviços MMS *InitiateRequest* e *InitiateResponse*. Esta sessão de pergunta e resposta do MMS é precedida pelos seguintes procedimentos relativos às conexões dos níveis inferiores:

- estabelecimento da conexão TCP-IP
- estabelecimento do nível de transporte OSI - TP0 (OSI-4)
- estabelecimento dos níveis de sessão (OSI-5), apresentação (OSI-6) e ACSE OSI

... sendo que este último (OSI-5, OSI-6 e ACSE) ocorre junto com a transmissão das mensagens *Initiate* do MMS.

Após estabelecer a associação, o SAGE efetua um levantamento da estrutura de objetos (browsing) do IED (**GetLogicalDeviceDirectory**, **GetLogicalNodeDirectory**, **GetDataDirectory** e **GetDataSetDirectory**). O resultado desse levantamento é armazenado em 3 arquivos IED (extensões ‘xml’, ‘lst’ e ‘lds’), juntamente com um quarto arquivo AQS (também extensão ‘lst’) que descreve quais objetos o SAGE foi configurado para aquisitar:

- \$LOG/<nome-do-IED>_IED.xml
- \$LOG/<nome-do-IED>_IED.lst
- \$LOG/<nome-do-IED>_IED.lds
- \$LOG/<nome-do-IED>_AQS.lst

Os arquivos <nome-do-IED>_IED.xml e <nome-do-IED>_IED.lst possuem a lista completa de Logical Devices do IED e as listas completas de Data Objects e DataAttributes de cada Logical Device coincidente com os configurados no SAGE (NV1). O arquivo <nome-do-IED>_IED.lds contém as listas completas de Data Sets e elementos de Data Sets desses mesmos Logical Devices.

Uma comparação (comando ‘diff’) entre arquivos <nome-do-IED>_IED.lst e <nome-do-IED>_AQS.lst, permite saber quais objetos configurados na base do SAGE não existem realmente no IED, bem como quais objetos o IED dispõe que não foram escolhidos para serem aquisitados pelo SAGE.

Derivado do levantamento registrado nesses arquivos, o SAGE organiza internamente as listas dos Logical Nodes que acessará em cada Logical Device e também localiza os Report Control Blocks e GOOSE Control Block que pretende usar.

Caso o IED permita a criação dinâmica de Data Sets, eles são (re)criados (**Delete/CreateDataSet**) com seus elementos constituídos pelos objetos que foram configurados na base de dados do SAGE e que existem no IED. Caso contrário, o SAGE usará os Data Sets pré-existentes no IED e criará



internamente um pseudo Data Set, denominado EXTRA, para objetos configurados na base de dados do SAGE que não estão incluídos em Data Sets pré-existentes do IED. Isto é necessário para que seja possível adquirir objetos que não são reportados espontaneamente em Reports ou mensagens GOOSE enviados pelo IED, que são formados com dados de Data Sets.

O próximo passo, antes da ativação dos Control Blocks, é a obtenção das estruturas de cada Data Object configurado na base do SAGE (**GetDataDefinition**), incluindo os RCBs e o GoCB que deverão ser ativados.

Depois de obter a estrutura de todos os objetos de dados que vai adquirir e controlar, e blocos de controle que vai ler e ativar, o SAGE lê a condição corrente dos RCBs/GoCB, ativando-os em seguida (**Get/SetRCBValues**, **Get/SetRCBValues** e **Get/SetGoCBValues**).

Especificamente no caso do GOOSE, a ativação no SAGE é opcional considerando que podem existir redundâncias dos dados recebidos em Reports e mensagens GOOSE. Caso essa redundância seja de 100%, o GOOSE não precisa ser ativado. Caso ele seja ativado, dados redundantes recebidos no Report serão tratados como uma informação de integridade.

Após a ativação dos blocos de controle, o SAGE passa a aguardar o envio espontâneo (mensagens **GOOSE** e **Reports**) de informações que o IED fará de acordo com os Control Blocks ativados. Enquanto aguarda, o SAGE mantém um *keep-alive* da associação através de PDUs *Identify* do MMS.

Quanto ao aspecto da realização das leituras de inicialização e integridades periódicas, é importante observar que o SAGE não usa os mecanismos previstos nos RCBs (IntgPd e GI) porque prefere fazê-las explicitamente com a leitura dos objetos configurados (**GetDataValues**) e não do Data Set completo (**GetDataSetValues**). Essa estratégia foi escolhida não só em função de existir a necessidade de leitura dos objetos incluídos no pseudo Data Set EXTRA, mas também pela facilidade de monitoração MMF do SAGE permitir, dessa forma, que os dados da leitura de qualquer objeto sejam mais facilmente localizados e lidos, quando do uso desse recurso de monitoração.

Para a execução do modelo de controle supervisão o SAGE dispõe de recursos configuráveis para executar *Direct-Control* (**Operate**) e *Select-Before-Operate-Control* (**Select** ou **SelectWithValue**), ambos com ou sem *Enhanced-Security* (**CommandTermination**).

A tabela mostrada a seguir faz um resumo do mapeamento do modelo IEC/61850 no SAGE. O documento *profile_sage_61850.pdf*, obtido em <http://www.sage.cepel.br>, informa a conformidade do SAGE com o modelo de serviços.

Modelo IEC/61850	Modelo SAGE
IED	Uma ocorrência de CNF, LSC e MUL
Enlaces para IEDs principal e redundante	Duas ocorrências (obrigatórias) de ENM
Ends. IP p/redes principal e redundante	Host_mms_<ID-ENM> e host_mms_<ID-ENM>b
IED Name (para alarmes e logs)	Atributo ID da entidade LSC
Logical Devices	Ocorrências de NV1
Logical Device Name (domain name MMS)	Atributo CONFIG da entidade NV1
Logical Nodes	Auto-configurável a partir dos IDs de PDF/PAF/PTF/CGF
Data Attributes primitivos	Ocorrências de PxP com KCONVn não relacionado a CDCs
Data Objects relacionados a CDCs simples	Ocorrências de PxP com KCONVn relacionado a CDCs
CDCs do grupo D listado acima	Parte alfabética do atributo KCONV da entidade PDF