

Arquitetura de um Middleware Corporativo na Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista

Jorge L.R. Becerra*, Eraldo Garcia Jr. *, Nelson Tanomaru*, Daniel N. de Moraes**, Cláudio L.P.Ferreira* e Paula Franchi Cruz*, **Edivaldo Drago

Resumo—O objetivo deste artigo é o de mostrar a aplicação do modelo ODP (Open Distributed Processing) na definição da arquitetura de um middleware, enfatizando-se os diversos processos de negócios, os modelos de informação baseado no CIM (Common Information Model), o modelo de computação, o modelo de engenharia, e de tecnologia onde se utilizou tecnologias de objetos distribuídos (Web Service, Java, Jboss).

Palavras-Chave— Middleware, RM-ODP, Integração, Processos de Negócios, pontos de vista, sistemas corporativos, sistemas de supervisão e controle.

I. INTRODUÇÃO

A Companhia de Transmissão Energia Elétrica Paulista - CTEEP está preocupada com manter uma alta qualidade do serviço no que diz respeito ao serviço de transmissão, planejamento de operação, segurança e expansão da rede de transmissão de energia elétrica no Estado de São Paulo e Sudeste brasileiro. Desta forma a empresa tem implantado eficientes sistemas de automação SCADA (Supervisão Controle e Aquisição de Dados) denominados de Sistema de Supervisão e Controle (SSC) e de Sistema de Supervisão Aberto (SSA). Estes sistemas coletam informações diretas dos instrumentos e equipamentos do processo de transmissão.

Por outro lado, a CTEEP tem incrementado sua estrutura de sistemas de informação, denominada de Sistemas Corporativos, onde estão as aplicações referentes ao âmbito estratégico da empresa, e que não estão ligadas diretamente aos processos de tempo real. Estes aplicativos são: o ERPs (Enterprise Resource Planning), os aplicativos de apoio à decisão gerencial, os data-warehouse e os sistemas técnicos.

Atualmente existe a necessidade corporativa de integrar os sistemas SSC e SSA do nível operacional com os aplicativos dos Sistemas Corporativos, pois os dados históricos de operação coletados são de grande importância estratégica, dado que fornecem informações sobre tendências de curto, médio e longo prazo das grandezas elétricas, e devem auxiliar nas decisões estratégicas corporativas.

Com o intuito de se manter competitiva dentro do mercado e de manter uma excelência de qualidade do serviço, a CTEEP tem se preocupado com este problema de integração e propõe a solução a partir de um projeto de P&D.

O presente trabalho apresenta os resultados da implementação do sistema de Middleware que integrará os sistemas heterogêneos da CTEEP compostos pelo SSC e os Sistemas Corporativos.

Para atingir esta meta utiliza-se uma metodologia baseada no padrão ODP (Open Distributed Processing) [6][7][8][9], cuja estrutura foi desenvolvida no Laboratório de Tecnologia de Software da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

II. CONTEXTO PRINCIPAL DO PROJETO

O projeto do Middleware está inserido numa arquitetura de sistema de informação corporativa cuja estrutura está composta da seguinte forma:

- Nível operacional: onde estão os sistemas SSA e SSC, e onde se realiza as funções de supervisão, controle e aquisição. Estes sistemas possuem equipamentos distribuídos nas centrais de São Paulo, Cabreúva, Bauru e Bom Jardim e em outras localidades, cobrindo o estado de São Paulo e o sudeste brasileiro;

- Nível estratégico: onde estão os sistemas corporativos e sistemas técnicos que são de apoio complementar ao processo principal da transmissão e de apoio a decisões estratégicas da corporação. Atualmente estão localizados no edifício sede da CTEEP em São Paulo, Capital (Bela Cintra);

- Rede corporativa: existe uma rede constituída de uma Infra-estrutura de comunicação que integra todos os sistemas da CTEEP. Esta rede permite a integração completa entre sistemas do nível operacional e sistemas do nível estratégico, e apenas permite a interconectividade entre os sistemas de supervisão e controle (SSA e SSC) e os Sistemas Corporativos. Este é o ponto central do projeto, implantar interoperabilidade entre esses sistemas da CTEEP através do Middleware Corporativo.

Dentro destas premissas realiza-se uma parceria entre a CTEEP e Escola Politécnica da USP e através do programa de P&D da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica)

* Escola Politécnica da USP – Laboratório de Tecnologia de Software

** CTEEP-Companhia de Transmissão de Energia Elétrica Paulista – Departamento de Tecnologia de Informação

visando juntar as excelências acadêmica e técnicas para a solução deste problema de interoperabilidade.

É bom ressaltar a importância deste projeto para CTEEP, cujas metas estão sintonizadas com o plano estratégico da empresa, que observa um novo ambiente corporativo, voltado para um mercado altamente competitivo e de alta qualidade do serviço.

A seguir apresenta-se de, forma resumida, o padrão e a metodologia ODP, elementos principais de elaboração do projeto.

III. PADRÃO E METODOLOGIA ODP

O RM-ODP (Reference Model of Open Distributed Processing) é um padrão internacional definido pela ISO/IEC e pela ITU [6][7][8][9] utilizado na especificação de arquiteturas de sistemas distribuídos heterogêneos e abertos. Para isto, ele utiliza os conceitos de orientação a objeto.

O RM-ODP é organizado da seguinte forma:

- Cinco pontos de vista, consistentes entre si, que procuram capturar todos os requisitos para o desenvolvimento do sistema, desde as necessidades dos processos de negócios até os requisitos de tecnologia.
- Conceitos gerais que permitem a elaboração dos pontos de vistas.
- Modelo para suportar transparência de distribuição.
- Princípios para avaliação de conformidade para sistemas ODP.

Cada ponto de vista tem associada uma linguagem para expressar os conceitos e as regras que lhe são relevantes. Os pontos de vista do RM-ODP são:

- *Ponto de vista de empresa:* tem como objetivo capturar as necessidades de negócio da empresa.
- *Ponto de vista de informação:* está relacionado com a informação que é armazenada e processada pelo sistema a ser desenvolvido.
- *Ponto de vista computacional:* está relacionado com a partição e distribuição da funcionalidade do sistema.
- *Ponto de vista de engenharia:* está relacionado com o mecanismo que deve suportar a distribuição do sistema.
- *Ponto de vista de tecnologia:* está relacionado com os detalhes de construção do sistema.

A metodologia utilizada na definição da arquitetura do middleware que irá integrar os sistemas corporativos com os sistemas operacionais (SSC e SSA) da CTEEP está baseada na referência [5] e será descrita a seguir:

1ª Fase – Especificação – Nesta fase foi especificada a arquitetura do middleware com base nos pontos de vista do modelo ODP descritos anteriormente. Foram recomendados os procedimentos para definir os modelos de objetos e foram definidas as regras de especificação dos cinco pontos de vista.

2ª Fase – Projeto – O projeto foi feito com base na especificação e gerou como produto principal a Arquitetura do Middleware.

3ª Fase – Implementação – Nesta fase foi feita a implementação dos módulos básicos do middleware no sistema da CTEEP com base na arquitetura definida na fase anterior. A arquitetura foi implementada utilizando a tecnologia EJ2EE.

4ª Fase – Validação – Após o sistema implementado foi testado e validado num cenário reduzido para poder ser estendido nos próximos meses.

IV. MIDDLEWARE

Um middleware é definido como um sistema computacional que permite a interoperabilidade entre aplicações distribuídas nos diversos nós de uma rede de computadores.

O middleware que está sendo desenvolvido tem como objetivo integrar os sistemas operacionais (SSC e SSA) com os sistemas corporativos e tornar disponíveis as informações operacionais para as aplicações corporativas da CTEEP. A Fig. 1 mostra o ambiente em que este middleware estará inserido.

Esta figura faz parte do documento técnico de especificação do ponto de vista da empresa [4] e foi obtida através de um levantamento de dados feito nos Centros de Operações Regionais (CROs) e do Sistema (COS) bem como no Departamento de tecnologia de Informação (TI) da CTEEP, e também da aplicação dos conceitos referentes à aplicação do ponto de vista da empresa do modelo ODP.

Na figura são observados os seguintes módulos :

- Processo – Representando o Sistema de Transmissão de Energia Elétrica de São Paulo;
 - Remotas – Responsáveis por adquirir os dados do processo e envia-los aos sistemas operacionais (SSC e SSA);
 - SSC – Constituído pelos módulos historiador (PI System), Registrador de Alarmes e Eventos (PC Logger) e o sistema SCADA (Ranger);
 - SSA;
 - Banco de Dados de Operações do SSA – Depto. TI
 - Middleware
 - Aplicações do Departamento de TI (Sistemas Corporativos).
- Módulos que pertencem ao Middleware:
 - Interface de Rede
 - Interface com o SSA
 - Interface com o PI System
 - Interface com o PC Logger
 - Conversão de Formato de Dados
 - Banco de Dados de Operação do TI
 - Visões do Banco de Dados de Operações do TI

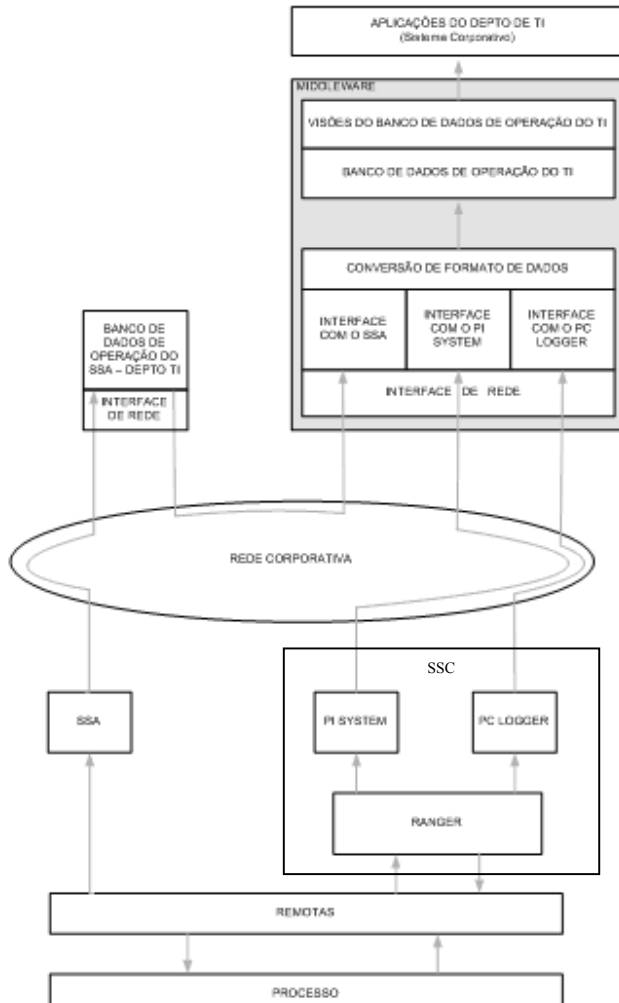


Fig. 1 – Visão Física do Ambiente onde o Middleware está Inserido

Da análise deste sistema foram observadas as seguintes interações:

- As informações do Historiador (PI System) serão obtidas por uma interface do middleware, através da rede corporativa;
- As informações do Registrador de Alarmes e Eventos (PC Logger) serão obtidas por uma interface do middleware através da rede corporativa;
- As informações do SSA serão obtidas do banco de dados que atualmente armazena as informações dos SSA no Depto de TI;
- Todas as informações recebidas serão convertidas para um formato adequado a ser utilizado para armazenamento de forma mais eficiente e racional no banco de dados operacionais do processo do Depto de TI;
- Serão implementadas visões do banco de dados, ou seja, a manipulação dos dados necessários para as aplicações do Departamento de TI.

Estas interações nos permitiram que fossem observadas a existência de diversos processos de negócios e assim que fosse feita uma modelagem mais detalhada destes processos, como será descrito a seguir.

V. OS PROCESSOS DE NEGÓCIOS E O PONTO DE VISTA DA EMPRESA

Um processo de negócios pode ser caracterizado como uma maneira de representar o fluxo de informações, as interações e os procedimentos que ocorrem entre os agentes que participam do processo. Um agente pode ser visto como uma pessoa, um grupo de pessoas ou um departamento.

Numa definição mais formal, um processo de negócio consiste de atividades relacionadas, com critérios de início e fim. A definição das atividades individuais considera os participantes, as aplicações ou os dados associados a elas.

Os processos de negócio que foram modelados e estão relacionados ao Middleware tem como principal objetivo mostrar as interações entre os módulos principais já descritos no item anterior e o middleware, para que seja feito o acesso do sistema corporativo da CTEEP às informações do sistema de transmissão de energia elétrica da mesma.

Estes processos de negócios estão relacionados aos objetos empresa no ponto de vista da empresa do modelo ODP.

A Fig. 2 mostra um diagrama de classes do UML dos objetos empresa SSC, SSA, Corporativo TI e Middleware.

Verifica-se na figura que as interações entre os objetos são definidas por contratos. [1][6][7][8][9]

Os contratos definem o comportamento dos objetos associados com respeito ao ambiente de negócio que estão inseridos e regem as políticas, procedimentos, obrigações e regras entre os objetos, que são uma abstração dos sistemas físicos existentes na empresa. [1]

O diagrama da Fig. 2 mostra que as interações entre os objetos podem ser representadas por processos de negócios, ou seja, uma seqüência de atividades que ocorrem dentro de cada objeto e que podem interagir com outro objeto através de um contrato.

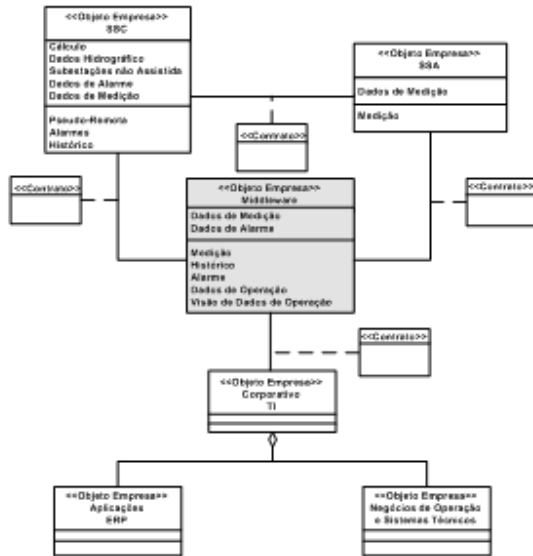


Fig. 2 - Diagrama de classes do UML dos objetos empresa SSC, SSA, Corporativo TI e Middleware.

Observa-se que na Fig. 2 somente são mostrados os objetos que interfaceiam com o middleware pois foram considerados mais importantes para a modelagem .

Para cada um destes objetos foram definidos processos de negócios, através da análise feita com base no ponto de vista da empresa .

Foram definidos os seguintes processos de negócios associados a cada objeto empresa:

- **Objeto Empresa Corporativo TI:**
 - Processo de Negócio de Acesso a Dados de Supervisão e Controle.
 - Processo de Negócio de Criação de Tabelas na Base de Dados do Middleware.
- **Objeto Empresa SSA:**
 - Processo de Negócio de Acesso e Armazenamento de Dados de Medição do SSA.
- **Objeto Empresa SSC:**
 - Processo de Negócio de Acesso e Armazenamento de Dados de Histórico do SSC.
 - Processo de Negócio de Envio e Armazenamento de Dados de Alarmes e Intervenções do SSC.
 - Processo de Negócio de Criação de Remotas / Pseudo-Remotas.

Os processos de negócios foram então modelados utilizando-se o padrão BPM (Business Process Model) que define um modelo formal para expressar processos abstratos e executáveis que endereçam todos os aspectos do processo de negócio da empresa. [10]

A Fig. 3 mostra um processo de negócios onde um usuário ou uma aplicação de TI acessa dados de supervisão e controle.

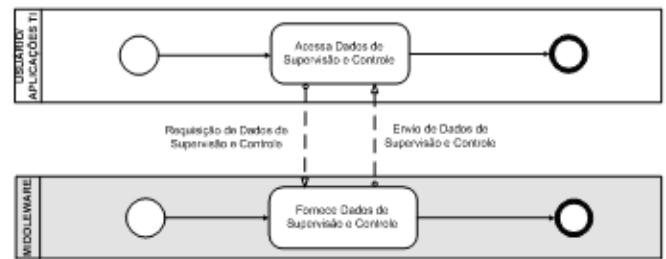


Fig. 3 – Diagrama BPM de Acesso a Dados de Supervisão e Controle

VI. O PONTO DE VISTA DA INFORMAÇÃO E O CIM

O Ponto de Vista de Informação tem como função modelar as informações da base de dados do middleware, tendo como base o Common Information Model (CIM) do Electric Power Research Institute (EPRI). Estas informações são obtidas nas bases de dados dos sistemas de supervisão e controle (SSC e SSA) e são apresentadas na Fig. 4. Na implementação do projeto somente foram consideradas as informações do SSC.

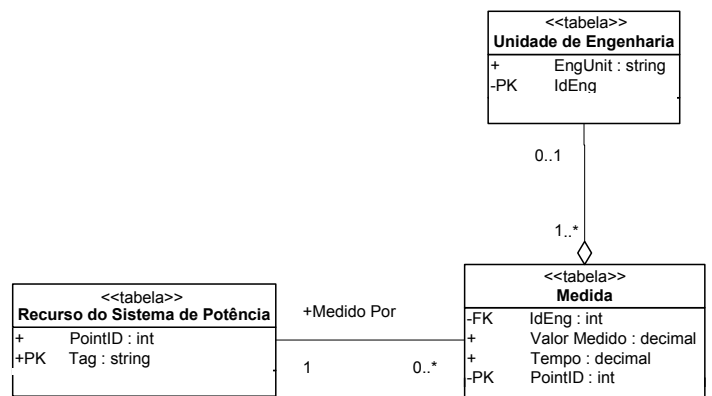


Fig. 4 – Ponto de Vista de Informação

VII. O PONTO DE VISTA DE COMPUTAÇÃO E ENGENHARIA

O Ponto de Vista de Computação apresenta a distribuição das funções do middleware. Dessa forma, neste ponto de vista são identificados os objetos que executam as funções do sistema e as interfaces entre estes objetos. Estes objetos e as suas interações são apresentados na Fig. 5. Na implementação do projeto somente foram consideradas as funções do SSC.

O Ponto de Vista de Engenharia especifica a infra-estrutura de comunicação que deve suportar a distribuição de objetos do Ponto de Vista de Computação. Na implementação do projeto foi utilizada a infra-estrutura de comunicação atualmente existente na CTEEP (Fig. 6).



Fig. 5 – Ponto de Vista de Computação

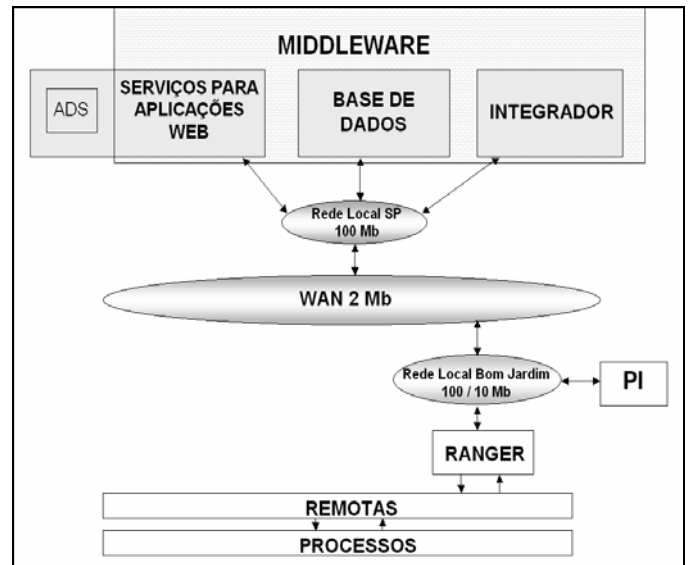


Fig. 7 – Arquitetura do Sistema

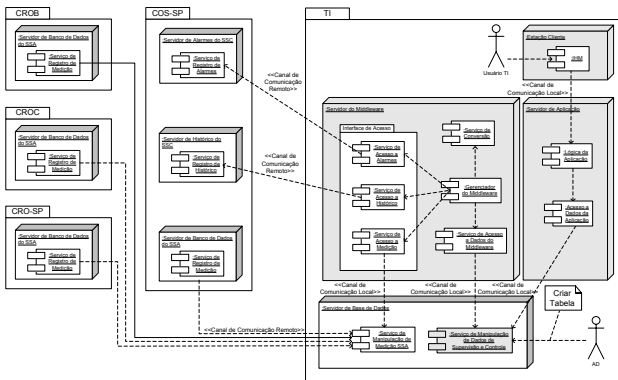


Fig. 6 – Ponto de Vista de Engenharia

VIII. TECNOLOGIA DE OBJETOS DISTRIBUÍDOS

O Ponto de Vista de Tecnologia especifica as tecnologias que são adotadas para a implementação do sistema. Na implementação do sistema somente foi considerada a interação com o SSC. No projeto do middleware, são utilizados na implementação do sistema:

- Interface com o SSC: API do PI System implementada com C++.
- Gerenciamento das informações do middleware: Oracle.
- Aplicações Web (ADS): Servlets, JavaServer Pages (JSP) e JBOSS.
- Infra-estrutura de comunicação: foi utilizada a infraestrutura da CTEEP, que para o projeto ficou transparente.

IX. ARQUITETURA DO MIDDLEWARE

Os principais componentes da arquitetura do middleware e o ambiente em que ele estará inserido na CTEEP são apresentados na Fig. 7. Na implementação do projeto somente foi considerada a interação com o SSC.

X. CONCLUSÃO

- A integração do SSA e do SSC com os sistemas corporativos deve ser feita através de uma arquitetura de um middleware aberto e modularizado. Considerando este aspecto, que permite a escalabilidade do sistema, na implementação do projeto somente foi considerada a interação com o SSC.

- Os modelos de processos de negócios facilitam a análise dos negócios de uma empresa e com o mapeamento desses modelos no modelo de objetos do ponto de vista da empresa encontra-se uma forma de validá-lo.

- A conclusão da análise dos Processos de Negócios e do Ponto de Vista da Empresa geram subsídios para a elaboração de uma arquitetura básica do middleware que será modificada nas próximas especificações dos outros pontos de vista do modelo ODP.

- A implementação do ADS Web mostra que é importante ter disponível uma estrutura de disseminação e processamento de informações operacionais para todos os níveis organizacionais, sem prejuízo para a nível de operação da empresa.

XI. REFERÊNCIAS

[1] J. R. Putman, *Architecting with RM-ODP*, New Jersey: Prentice Hall, 2000.

[2] A. Umar, *Object-Oriented Client/Server Internet Environments*, New Jersey: Prentice Hall, 1997

[3] B. Lheureux, et al "Who's who in Middleware, 1Q04" Strategic Analysis Report – Gartner Research, R-22-2153, 29 March 2004.

- [4] C.L.P.Ferreira and E.G.Júnior, "Documento de Especificação Ponto de Vista Empresa," Projeto P&D CTEEP / USP., São Paulo, Brasil, 31, maio. 2004.
- [5] J.L.R. Becerra, "Aplicabilidade do Padrão de Processamento Distribuído e Aberto nos Projetos de Sistemas Abertos de Automação," Tese de Doutorado, Dept. de engenharia de Computação e Sistemas Digitais, Univ. São Paulo, 1998.
- [6] *Basic Reference Model of Open Distributed Processing – Parte 1: Overview and Guide to Use*, ISO. Recommendation X.901/ISO/IEC 10746-1, 1995.
- [7] *Information Technology – Open Distributed Processing – Reference Model: Foundations*, ISO. Recommendation X.901/ISO/IEC 10746-2, 1995.
- [8] *Information Technology –Open Distributed Processing – Reference Model: Architecture*, ISO. Recommendation X.901/ISO/IEC 10746-3, 1995.
- [9] *Basic Reference Model of Open Distributed Processing – Parte 4: Architectural Semantics Amendment*, ISO. Recommendation X.901/ISO/IEC 10746-4, 1995.
- [10] *Business Process Modeling Notation*, BPMI, Working Draft (1.0), Aug. 2003
- [11] J. Zhu, "Web Services Provide The Power to Integrate", *IEEE Power & Energy Magazine*, pp. 40-49, Nov./Dec. 2003.