

Centros de Controlo e Condução de Redes Eléctricas: Questões Relativas ao Tratamento da Informação Utilizadores

Zita Vale



1 Introdução

2 Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

3 Identificação de alguns problemas dos CC

4 Utilização de Inteligência Artificial (IA) para resolver alguns dos problemas identificados nos CC

Utilizadores

5 Conclusões

Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

- Tradicionalmente, nos Sistemas Eléctricos de Energia (SEE) as instalações tinham pessoal permanente
- Os avanços verificados na área das telecomunicações permitiram alterar esta situação
 - a grande maioria das instalações que constituem os actuais SEE não dispõe de pessoal permanente
 - nos actuais SEE as decisões e acções de controlo e operação são concentradas em instalações especialmente vocacionadas para o efeito, designadas por

Utilizam

**Centros de Controlo e Condução
Centros de Controlo
Centros de Condução
(CC)**

Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas



**Despacho Nacional
da REN
(Sacavém)**



Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas



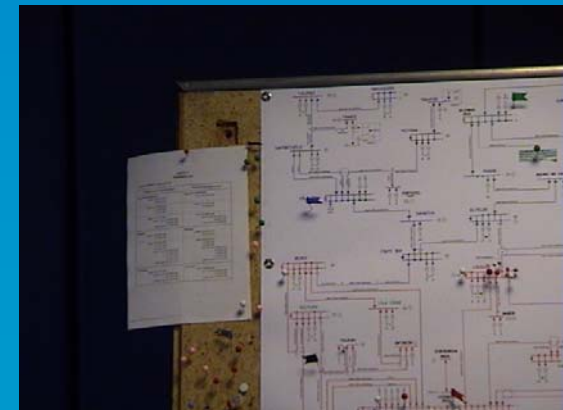
Centro de Operações de Rede da REN (Vermoin)

Utilizadores



Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

Centro de Condução da EDP Distribuição (Porto)



Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

- O desempenho dos actuais SEE está altamente dependente do desempenho dos Centros de Controlo e Condução

- Os CC assumem uma importância ímpar para a qualidade de serviço

- A importância dos CC mantém-se e é mesmo reforçada pelos processos de reestruturação dos SEE e dos mercados de energia eléctrica

Utilizadores



Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

- **O funcionamento eficiente destes Centros requer**
 - sistemas capazes de, em tempo real, adquirir e enviar aos mesmos informação fiável sobre o estado dos diversos componentes das redes eléctricas de que eles são responsáveis
- **Estes centros recebem informação em tempo real sobre o SEE através de um sistema SCADA (“Supervisory Control and Data Acquisition”)**
- **Por outro lado, os operadores destes Centros deverão poder enviar ordens, também em tempo real, de comando para o equipamento das instalações do sistema de energia**

utilizadores

Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

O carácter complexo das
tarefas realizadas nestes Centros leva
à necessidade de
forte apoio computacional,
exigindo meios avultados,
quer em termos de equipamento,
Utilizadores quer em termos de *software*

Centros de Controlo e Condução (CC) de Redes Eléctricas

- **O tratamento da informação recebida exige aplicações computacionais que utilizam a informação existente**

- **trânsitos de potências**
- **cálculo de curto circuitos**
- **estimação de estado**
- **análise de contingências**
- **despacho óptimo**

Utilizadores

- ...
- **geradores de mensagens e de alarmes**



Identificação de alguns problemas dos CC

- Têm sido identificadas, ao longo dos tempos, questões relativas ao funcionamento dos CC, que se enquadram no âmbito de problemas importantes na exploração dos SEE
- O grupo de trabalho "Current Operational Problems" do sub-comité "System Operation" do IEEE conduziu diversos estudos neste âmbito

**Alguns dos problemas mais importantes
da exploração dos SEE
devem-se a problemas nos CC**

Identificação de alguns problemas dos CC



| Pergunta | Número de Respostas Afirmativas | Percentagem de Respostas Afirmativas |
|---|---------------------------------|--------------------------------------|
| Os operadores estão satisfeitos com o processamento de alarmes durante situações normais da rede? | 65 | 74,7% |
| Os operadores estão satisfeitos com o processamento de alarmes durante situações de emergência da rede? | 21 | 24,1% |
| Os operadores acham que alguns alarmes em vez de ajudarem causam problemas? | 66 | 75,9% |

Identificação de alguns problemas dos CC

- Alarmes em situações de exploração normal e de incidente
- Simuladores para treino de operadores dos CC
- Avaliação dos programas de treino de operadores dos CC
- Desempenho dos operadores dos CC

Três tipos
de
problemas

utilizadores

relativos à análise e controlo do SEE

com o pessoal envolvido

com os sistemas computacionais



Identificação de alguns problemas dos CC

- As aplicações existentes não apresentavam uma lista de alarmes adequada aos operadores dos CC, especialmente em situações de incidente
- Estudos mais recentes (ex: do grupo de trabalho 39.03 da CIGRÉ em 1995) mostram que estas questões se mantêm

O processamento da informação nos CC está identificado como uma questão fundamental para o desempenho eficiente destes Centros

- Um dos aspectos essenciais desta questão é o processamento dos alarmes que são apresentados aos **Utilizadores**
- A adequação das interfaces com o utilizador e as aplicações de apoio ao treino de operadores são aspectos complementares muito relevantes

Identificação de alguns problemas dos CC



E1  Disjuntor abre em T1

E2  Disjuntor fecha em T2

E3  Disjuntor abre em T3

E4  Disjuntor fecha em T4

$T1 < T2 < T3 < T4$

$T2 - T1 \leq 500 \text{ ms} \quad (0,5 \text{ s})$

$T3 - T2 > 5000 \text{ ms} \quad (5 \text{ s})$

E3 não está relacionado com E1 e E2

E1,E2 => disparo trifásico com religação bem sucedida

$T2 - T1 \leq 500 \text{ ms}$

$T3 - T2 \leq 5000 \text{ ms}$

E3 está relacionado com E1 e E2

E1,E2,E3 => disparo trifásico com religação mal sucedida

Identificação de alguns problemas dos CC

- **As questões relativas ao tratamento da informação disponível nos CC continuam a ser muito relevantes para os SEE actuais**
 - A evolução verificada nos equipamentos informáticos tem permitido processar cada vez mais rapidamente a informação disponível
 - Trata-se um volume crescente de informação com origens diversas
 - As limitações dos operadores humanos nem sempre têm sido consideradas, existindo um fosso entre as aplicações computacionais e os seus utilizadores



Utilizadores

Identificação de alguns problemas dos CC


- Os meios de apoio aos **operadores** têm melhorado
- As suas tarefas continuam a ser altamente exigentes
 - **Erros na actuação dos operadores**
 - mesmo no caso de operadores experientes

Utiliz

Situações de Incidente

Apagões

Identificação de alguns problemas dos CC

- 
- **Os operadores dos CC continuam a ser a peça fulcral na exploração dos SEE**
 - têm uma importância fundamental para a respectiva qualidade de serviço
 - têm a seu cargo tarefas muito diversas e complexas

**Algumas destas actividades são rotineiras
mas uma parte importante envolve decisões complexas
e têm um forte impacto no desempenho dos SEE**

Justificação da adequação das técnicas de Inteligência Artificial aos problemas considerados

- As aplicações informáticas tradicionais não permitem um apoio à decisão adequado, especialmente no caso de situações de emergência
 - Os operadores dos CC têm que tomar decisões de natureza essencialmente **qualitativa** para as quais a sua **experiência** é extraordinariamente importante
 - Os métodos usados pelas aplicações informáticas tradicionais não são adequados a este tipo de situações

Utilizadores

Justificação da adequação das técnicas de Inteligência Artificial aos problemas considerados

O raciocínio envolvido no desempenho destas tarefas é de vários tipos:

- **Dedutivo**

práticas e filosofias d

- **Indutivo**

usam a sua experiência para
tomar decisões, baseadas na
antecipação das suas
consequências
(do particular para o geral)

- **Intuitivo**


enormes e

- **Utilize Combin**

inesperadas para as quais não há
planos nem soluções
previamente estabelecidos



Justificação da adequação das técnicas de Inteligência Artificial aos problemas considerados

- 
- **O raciocínio intuitivo permite uma análise rápida de situações complexas, mesmo sem consciência do processo de raciocínio completo**
 - decisões de alto nível
 - situações de emergência

Utili

**É o tipo de raciocínio no qual
as aplicações informáticas
são mais limitadas**

Justificação da adequação das técnicas de Inteligência Artificial aos problemas considerados

- As aplicações baseadas em IA são as que abordam melhor as questões relativas aos tipos de raciocínio referidos
- A capacidade de desenvolver raciocínio, nomeadamente intuitivo, está muito próxima daquilo que geralmente se considera específico da **inteligência humana**

É por esta razão que as técnicas baseadas em IA permitem o desenvolvimento de aplicações informáticas muito relevantes para o apoio aos operadores dos CC



Aplicações de Inteligência Artificial nos CC

- A aplicação de técnicas de Inteligência Artificial (IA) nos SEE foi proposta a partir da década de 1970
 - Só muito mais tarde apareceram as primeiras aplicações reais
 - Na última década do século XX, um número significativo de empresas de electricidade tinha já realizado experiências de utilização de aplicações utilizando IA
 - Os CC, como importantes centros de decisão, apresentam problemas para os quais as técnicas de IA se revelam muito adequadas
 - Grande parte das aplicações de IA em SEE destinam-se aos CC
- ## Utilizadores
- A maioria destas aplicações destina-se a apoiar os operadores destes centros no desempenho das suas tarefas



Aplicações de Inteligência Artificial nos CC

■ Técnicas de IA mais utilizadas

Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC)

Redes neuronais

Lógica difusa

Algoritmos genéticos

Sistemas multi-agente

■ Outras técnicas

- Programação com restrições (por ex: CLP)
- Planejamento automático
- ...

■ Combinação de várias técnicas

Utilizadores



Aplicações de Sistemas Baseados em Conhecimento em Sistemas Eléctricos de Energia

■ Os Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC) e particularmente os Sistemas Periciais (SP)

- são adequados para tratar um grande conjunto de problemas relativos à operação dos SEE
- apresentam também um conjunto significativo de dificuldades, as quais são especialmente relevantes no caso das aplicações nos CC:
 - aquisição do conhecimento
 - manutenção do conhecimento
 - nomeadamente à actualização do conhecimento
 - validação e verificação

Utilizadores

- As questões da integração dos SBC nos CC e da participação dos respectivos utilizadores em todo o processo de desenvolvimento são também muito relevantes e complexas



Aplicações de Inteligência Artificial nos CC

- Foram feitas experiências para resolver muitos dos problemas dos SEE com recurso a técnicas baseadas em IA
- Algumas áreas de aplicação ganharam uma maior importância porque os problemas que apresentam são especialmente adequados para serem tratados com este tipo de técnicas e também porque são especialmente importantes para a exploração dos SEE
 - Os problemas de diagnóstico adaptam-se bem ao uso de técnicas de IA
 - Aplicações relativas ao SEE em geral e para diversas das suas partes constituintes
 - Diagnóstico em

Utilizadores

- sistemas de transmissão
- centrais e subestações
- em equipamento diverso dos SEE (ex: grupos geradores e transformadores)



Aplicações de Inteligência Artificial nos CC

- **A análise de defeitos e o diagnóstico em redes de transmissão e de distribuição é uma área muito importante de aplicação de IA em SEE**
 - grande importância no âmbito dos SEE
 - adequação para o tratamento com técnicas de IA
- **A análise de defeitos e o diagnóstico estão relacionados com**
 - processamento de alarmes
 - sistema de protecção

Utilizadores

**O processamento de alarmes
é um dos campos mais relevantes
de aplicação de IA nos CC**



Aplicações de Inteligência Artificial nos CC

- **Acções de recuperação (especialmente a reposição do serviço após a ocorrência de incidentes)**
 - redes de transmissão
 - redes de distribuição
- **A aplicação de técnicas de IA tem ainda aplicação relevante para**
 - estudos de segurança
 - previsão de cargas
 - controlo de energia reactiva
 - **problemas de planeamento e escalonamento**
 - **utilizadores**
 - **optimização da configuração da rede**
 - **planeamento das acções de manutenção**
 - **escalonamento de grupos geradores**



SPARSE - Exemplo de um Sistema Baseado em Conhecimento (SBC) para apoio aos operadores dos CC



O SPARSE é um
Sistema Baseado em Conhecimento
desenvolvido para o Centro de Condução
da Rede de Transporte Portuguesa,
operada pela REN
(Rede Eléctrica Nacional, S.A.)
para apoiar os respectivos operadores em
situações de incidente
Utilizadores

- Aquisição de informação da rede eléctrica
- Transmissão da informação para os Centros de Condução
- Apresentação da informação aos operadores
- Decisão e actuação



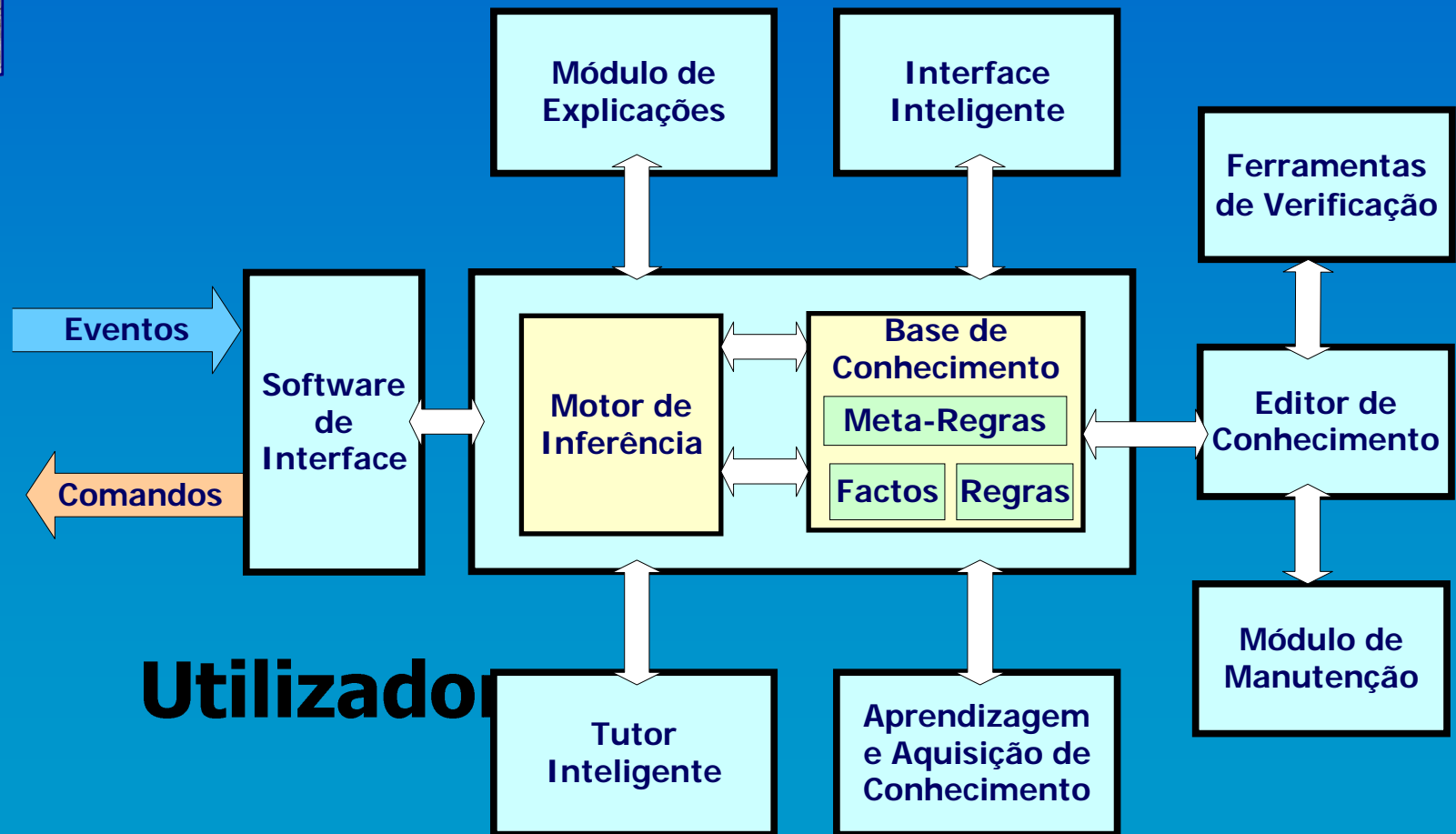
SPARSE - Objectivos

- Tratamento da informação em tempo real
- Assistência aos operadores
- Apoio à decisão
- Treino de operadores

Utilizadores



SPARSE - Arquitectura



Utilizador

SPARSE - Exemplo

| | | | | | |
|--------------|-----|-----|-----------------|----------------|-----|
| 01:58:45.178 | SPM | 127 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:45.218 | SPM | 127 | F.ALENTEJO | >>>DISPARO | 0 1 |
| 01:58:45.249 | SOQ | 106 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:45.264 | SFA | 106 | PALMELA | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:45.278 | SPM | 127 | F.ALENTEJO | >>>DISPARO | 0 0 |
| 01:58:45.278 | SPM | 127 | F.ALENTEJO-DISJ | DISJUNTOR | 0 0 |
| 01:58:45.279 | SSN | 104 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:45.284 | SFA | 106 | PALMELA | ALARME URGENTE | 0 1 |
| 01:58:45.284 | SFA | 104 | SINES | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:45.284 | SFA | 102 | OURIQUE | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:45.304 | SFA | 106 | PALMELA | >>>DISPARO | 0 1 |
| 01:58:45.324 | SFA | 106 | PALMELA-DISJ | DISJUNTOR | 0 0 |
| 01:58:45.378 | SSN | 104 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:45.378 | SPM | 127 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:45.384 | SFA | 106 | PALMELA | >>>DISPARO | 0 0 |
| 01:58:45.384 | SFA | 102 | OURIQUE | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:45.389 | SOQ | 106 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:46.178 | SPM | 127 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 1 |
| 01:58:46.198 | SPM | 127 | F.ALENTEJO | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:46.278 | SPM | 127 | F.ALENTEJO-DISJ | DISJUNTOR | 0 1 |
| 01:58:45.404 | SFA | 106 | PALMELA | ALARME URGENTE | 0 0 |
| 01:58:45.404 | SFA | 104 | SINES | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:45.530 | SFA | 106 | PALMELA | OUTROS ALARMES | 0 0 |
| 01:58:46.290 | SFA | 106 | PALMELA | OUTROS ALARMES | 0 1 |

Utilizadores

SPARSE - Exemplo (Cont.)



| | | | | | |
|---------------|-----|-----|----------------|----------------|-----|
| 01:58:46.350 | SFA | 106 | PALMELA-DISJ | DISJUNTOR | 0 1 |
| 01:58:46.370 | SFA | 106 | PALMELA-DISJ | DISJUNTOR | 0 0 |
| 01:58:46.390 | SFA | 106 | PALMELA-DISJ | DISJUNTOR | 1 0 |
| 01:58:47.872 | SFA | OPA | OP. AUTOMATICO | OPA EM SERV. | 0 1 |
| 02:01:16.770 | SFA | 106 | PALMELA-DISJ | DISJUNTOR | 0 0 |
| 02:01:16.830 | SFA | 106 | PALMELA-DISJ | DISJUNTOR | 0 1 |
| 02:01:17. 090 | SFA | 106 | PALMELA | AL NAO URGENTE | 0 1 |
| 02:01:17. 090 | SFA | 106 | PALMELA | AL. DISJUNTOR | 0 1 |
| 02:01:17. 092 | SFA | OPA | OP. AUTOMATICO | OPA EM SERV. | 0 0 |
| 02:01:41.430 | SFA | 106 | PALMELA | AL NAO URGENTE | 0 0 |
| 02:01:41.430 | SFA | 106 | PALMELA | AL. DISJUNTOR | 0 0 |

Utilizadores

SPARSE - Exemplo (cont.)

Conclusões e sugestões do SPARSE:

| | | |
|---------------------|----------------|--|
| 01:58:45.218 | | INÍCIO DE INCIDENTE |
| 01:58:46.390 | | Linha SPM-SFA - DmR em SPM e DmD em SFA |
| 01:58:46.390 | SFA 106 | >> Aguarde fecho pelo OPA (3 minutos) |
| 02:01:16.830 | SFA 106 | Disjuntor fechado pelo OPA |
| 02:01:16.830 | | FIM DE INCIDENTE |

Utilizadores

DmR – Disparo monofásico com religação bem sucedida

DmD – Disparo monofásico com religação mal sucedida

Conclusões

- Os Centros de Controlo e Condução (CC) assumem um papel muito relevante nos SEE actuais
 - O processamento da informação nos CC está identificado como uma questão fundamental para o desempenho eficiente destes Centros
 - As aplicações informáticas tradicionais têm dificuldade em tratar este tipo de situações
 - Os operadores dos CC têm que tomar decisões de natureza essencialmente qualitativa para as quais a sua experiência é extraordinariamente importante
 - As técnicas baseadas em IA permitem o desenvolvimento de aplicações informáticas muito relevantes para o apoio aos operadores dos CC
 - Sistemas Baseados em Conhecimento (SBC)
 - Sistemas Periciais (SP)

Utilizadores

Conclusões

■ Algumas questões relativas ao desenvolvimento e utilização de SBC e SP em Centros de Controlo e Condução

- Necessidade de envolvimento da organização
 - Apoio ao nível da gestão
 - Especialistas que detêm o conhecimento
 - Utilizadores finais (operadores)
- Manutenção do conhecimento

■ Recentes casos de problemas graves (apagões) em SEE

Utilizadores

- Necessidade de um melhor apoio à decisão no controlo e operação destes sistemas
 - Aplicações utilizando técnicas baseadas em IA

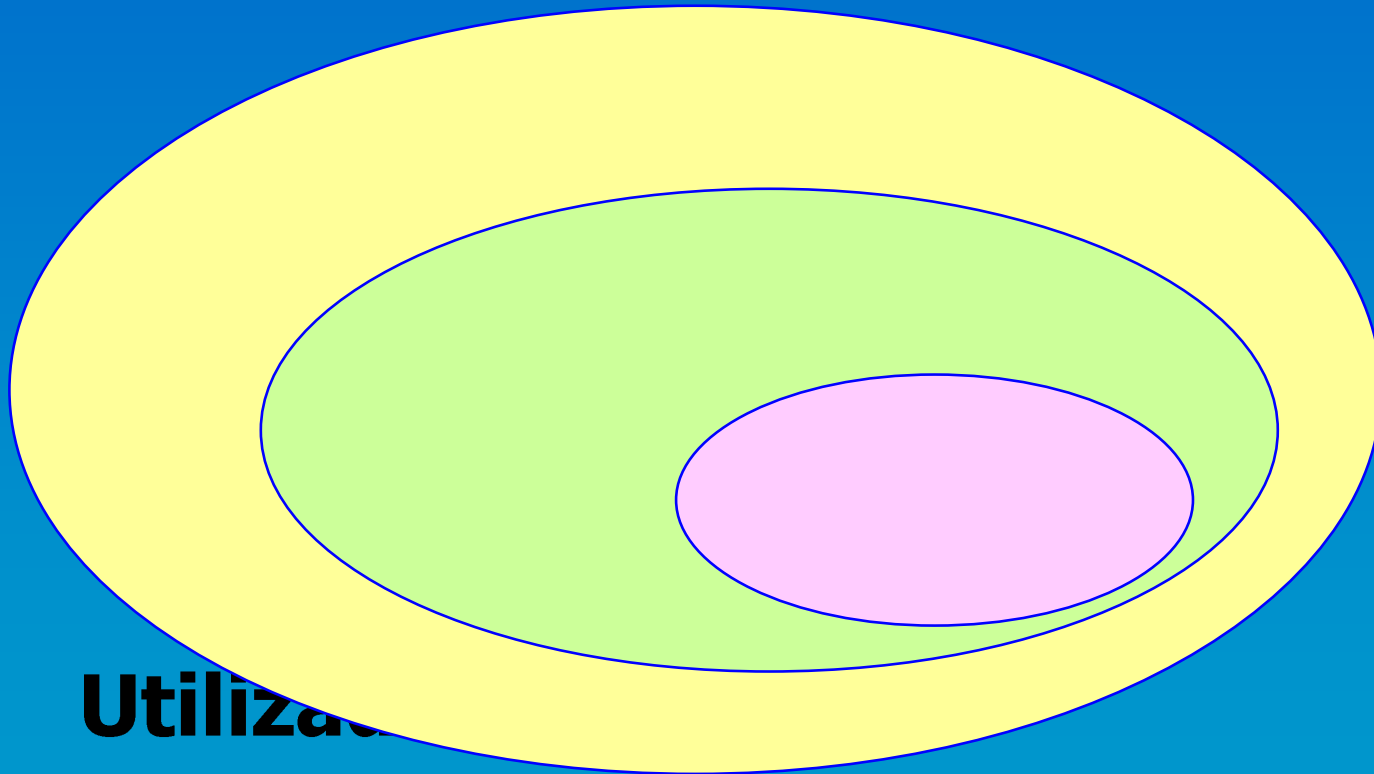




Centros de Controlo e Condução de Redes Eléctricas: Questões Relativas ao Tratamento da Informação

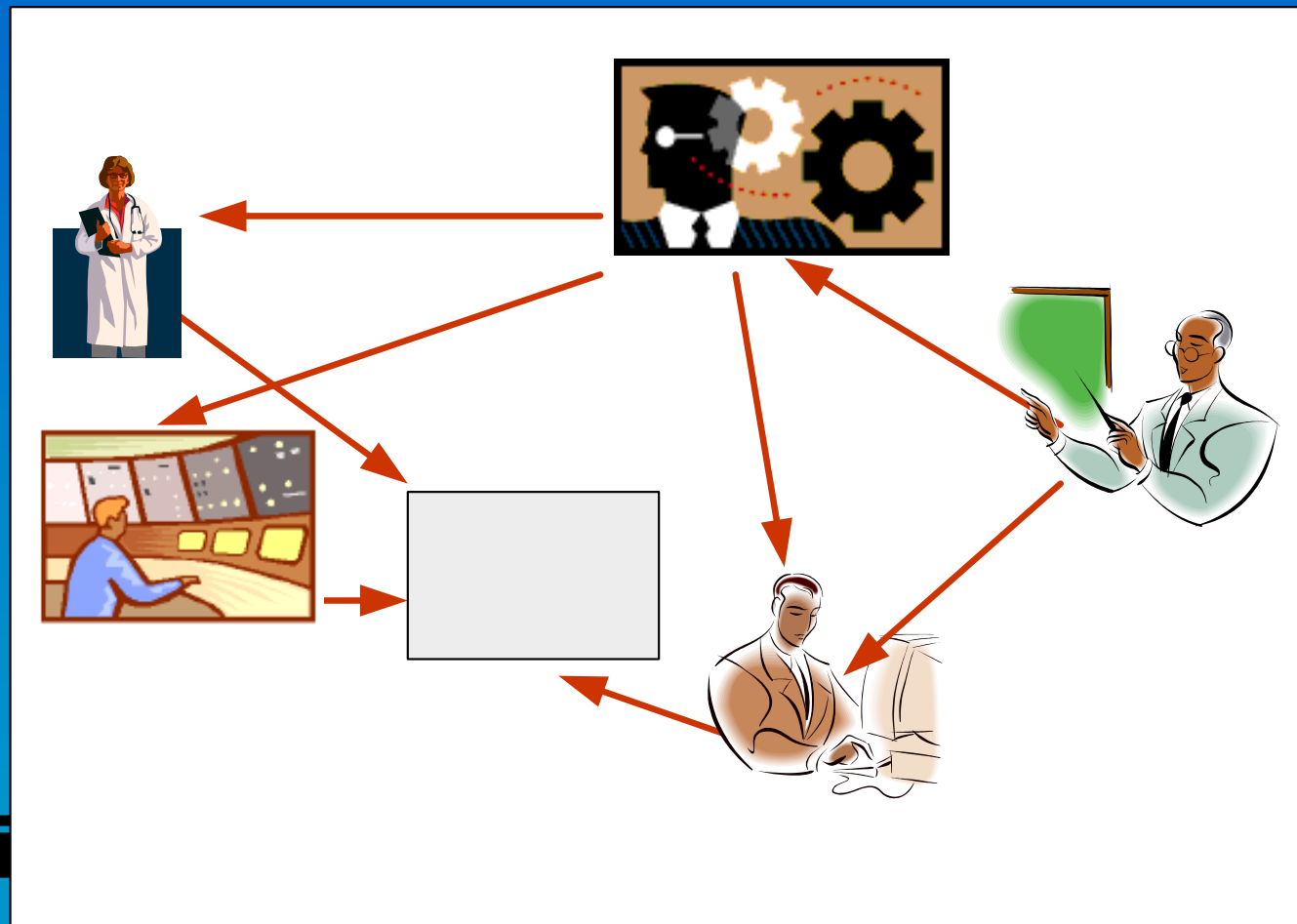
Utilizadores Zita Vale

Sistemas Baseados em Conhecimento



Utilizaç

Sistemas Periciais



Utili

Sistemas Periciais versus Programas Convencionais

| Programas Convencionais | Sistemas Periciais |
|----------------------------------|-----------------------------------|
| Numérico | Simbólico |
| Algorítmico | Heurístico |
| Informação e Controlo Integrados | Conhecimento separado do Controlo |
| Dificuldade em modificar | Facilidade de Modificação |
| Informação precisa | Informação Imprecisa |
| Comandos de Interface | Diálogo Natural com Explicações |
| Resultado Final fornecido | Recomendações com Explicações |
| Procura Soluções Óptimas | Soluções Aceitáveis |



Redes Neuronais

- Inspiradas no cérebro humano que consiste num enorme número de neurónios com elevada inter-conectividade
- São constituídas por uma série de nós (neurónios) interligados (através de conexões com pesos numéricos) dispostos em níveis

**Uma rede neuronal é uma “máquina”
de processamento paralelo e distribuído
composta por unidades de cálculo simples,
com uma capacidade inata
de guardar e utilizar conhecimento experimental**

Redes Neurais

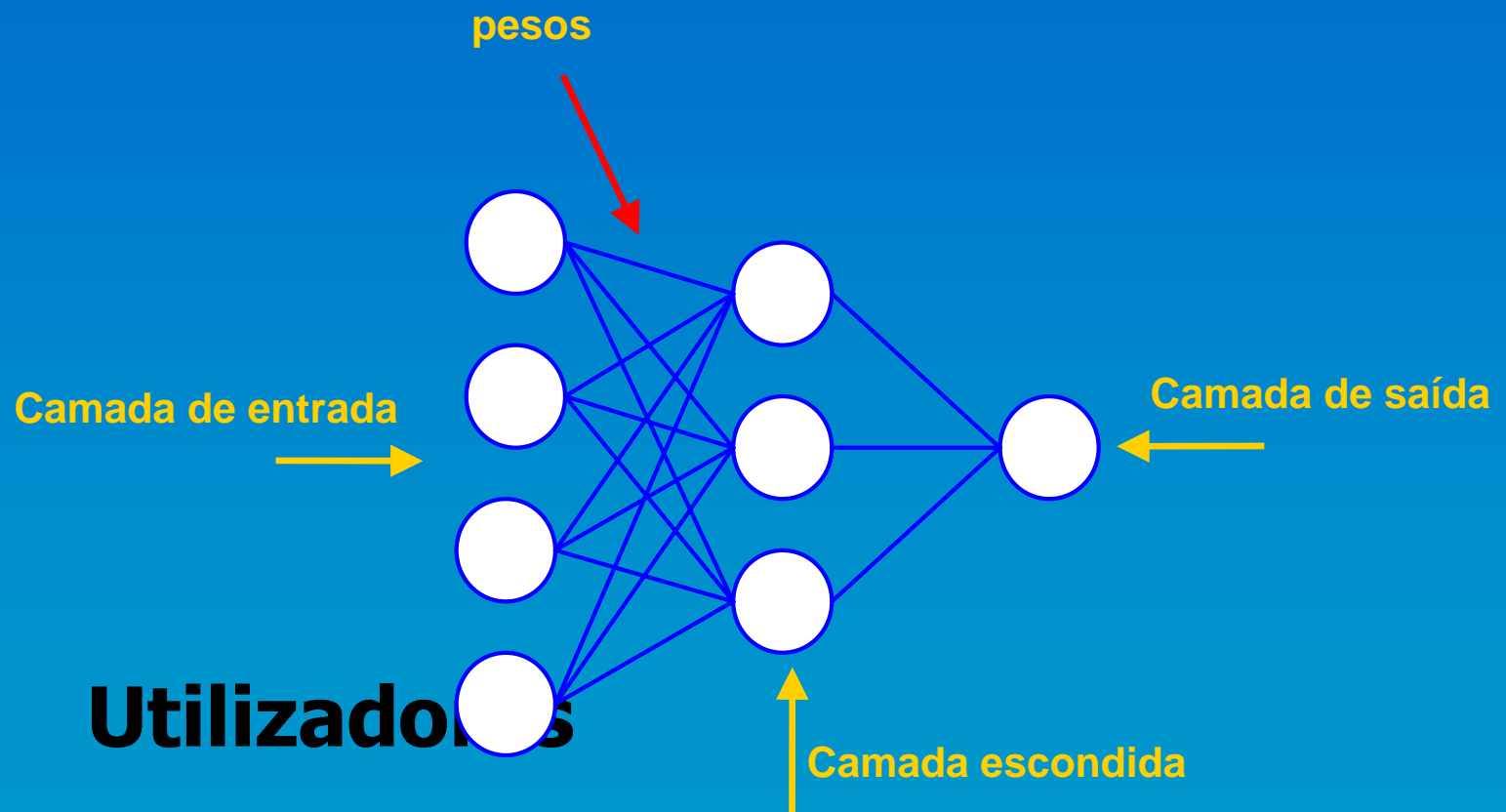
As redes neuronais assemelham-se ao cérebro humano em dois pontos principais:

- o conhecimento é adquirido pela rede a partir do ambiente envolvente através de um processo de aprendizagem
- Os pesos sinápticos associados às interligações entre os neurónios são estabelecidos no processo de aprendizagem

Utilizadores

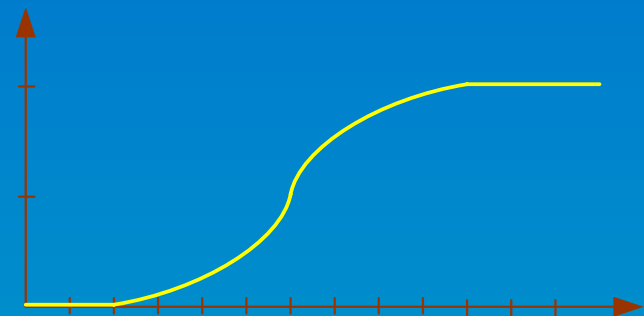
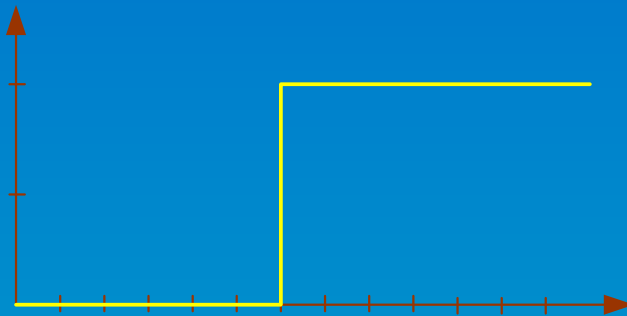


Redes Neurais

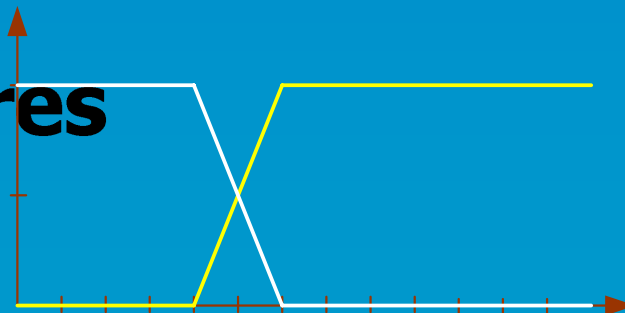


Lógica Difusa

Existem domínios de aplicação nos quais a incerteza é parte inerente do problema devido a dados ausentes ou imprecisos e/ou a relações causa-efeito não determinísticas



Utilizadores



Algoritmos Genéticos

Aspectos da evolução natural podem ser incorporados em algoritmos que permitem a resolução automática de problemas

| <i>Evolução Natural</i> | <i>Algoritmos Genéticos</i> |
|-------------------------|-----------------------------|
| Indivíduo | Solução |
| Genótipo (cromossomas) | Representação |
| Reprodução | Operador de cruzamento |
| Mutação | Operador de mutação |
| População | Conjunto de Soluções |
| Gerações | Ciclos |



Avaliação



Utilizadores



Renovação



Seleção



Cruzamento



Mutação



A origem dos Agentes Inteligentes e dos Sistemas Multi-Agente



- **Origem: Inteligência Artificial Distribuída - IAD** (início dos anos 80), como resultado da junção da IA com a Computação Distribuída
- a IAD tem como objectivo a resolução de problemas para situações nas quais um único resolvedor de problemas, uma única máquina ou uma única localização computacional não parecem apropriados [Davis-1980]

Utilizadores

Uma definição de Agentes

- **(Wooldridge-Jennings) – os agentes são sistemas baseados em hardware ou software que têm as seguintes propriedades [Wooldridge-1995]:**
 - **autonomia**
 - operar sem intervenção directa de humanos e controlar as suas próprias acções
 - **capacidade social**
 - interagir com outros agentes, ou humanos, através de uma ACL – “agent communication language”
 - **reacção**
 - os agentes têm percepção sobre o ambiente, físico ou não, e respondem atempadamente às alterações que ocorrem
 - **pró-acção**
 - também são capazes de exibir comportamentos guiados por objectivos, tomam a iniciativa

Utilizadores



Propriedades dos Agentes

| Propriedade | Significado |
|----------------------|--|
| Capacidade Sensorial | Dispõe de sensores para captar informação |
| Reactividade | Sente e age, responde ao longo do tempo às mudanças no ambiente |
| Autonomia | Decide e controla as suas próprias acções |
| Pró-actividade | Orienta-se por objectivos, não age apenas para responder ao ambiente |
| Persistência | Existe ao longo do tempo |
| Capacidade social | Comunica, coopera, argumenta e negocia com outros agentes e talvez com pessoas |
| Aprendizagem | Muda o seu comportamento com base na experiência anterior |
| Mobilidade | Capacidade de se movimentar de uma máquina para outra |
| Carácter | Personalidade credível e comportamento emocional |



Factos

Consideremos a seguinte mensagem:

23-OCT-2002 16:24:32:041 SRA SGER Serv. Gerais Tipo de Operação Manual

- data (23-OCT-2002)
- hora (16:24:32:041)
- instalação (SRA) de onde veio a informação
- código (SGER) do painel que originou a mensagem
- nome (Serv. Gerais) do painel que originou a mensagem
- evento (mudança no Tipo de Operação)
- estado (Manual)

Utilizadores

```
facto(696,mensagem('23-OCT-2002','16:24:32:041',
    ['SRA','SGER',['SERV GERAIS'],
    'OPERACAO','MANUAL']),t(25547072,040)).
```



Base de Conhecimento

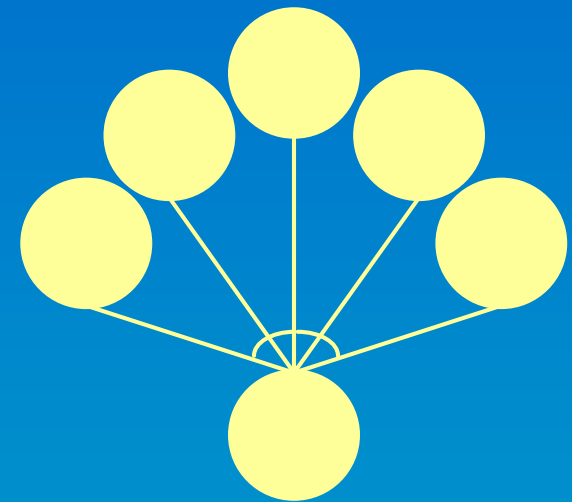
- Componentes e topologia da rede
- Mensagens de alarme
- Transmissão da informação
- Análise de incidentes
- Reposição em serviço

Utilizadores



Diagrama de rede de computadores mostrando uma topologia de anel com 10 nós (5 amarelos e 5 azuis) e 10 conexões. Os nós amarelos estão no topo e os azuis no fundo, todos conectados em um único anel fechado.

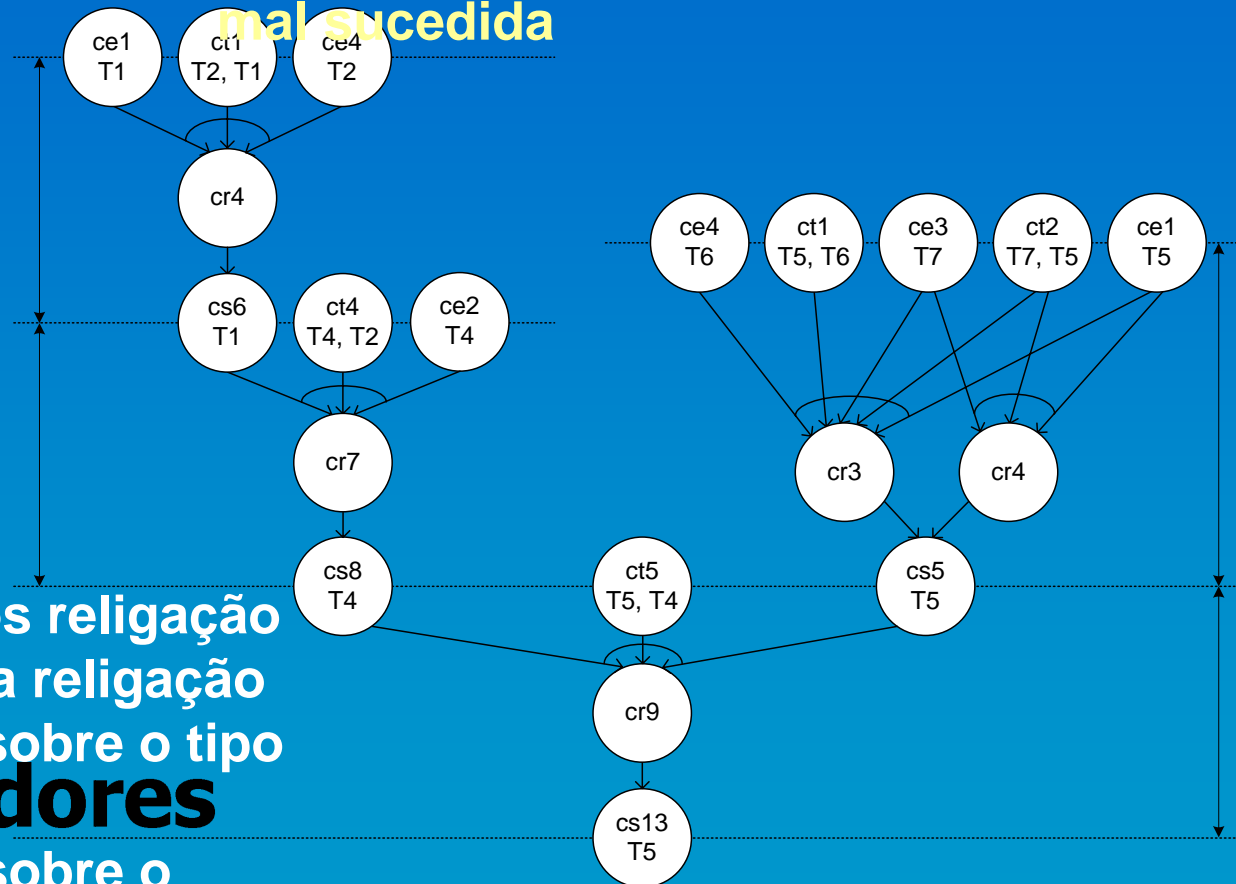
Utilizadores



DISPARO /

Fases da Análise de Incidentes

Disparo monofásico com religação mal sucedida



- Fase 1 – disparo
- Fase 2 – religação
- Fase 3 – disparo após religação
- Fase 4 – resultado da religação
- Fase 5 – conclusão sobre o tipo de disparo
- Fase 6 – conclusão sobre o número de extremos de linha envolvidos no incidente

Utilizadores



Motor de Inferência

- Inferência com encadeamento directo com base em eventos
- Raciocínio temporal
 - compreensão dos acontecimentos
 - robustez a faltas de cronologia e erros de datação
- Raciocínio não-monótono
- Persistência (funcionamento ininterrupto)

Utilizadores

Base de Regras



regra d3:

'Disparo Trifasico':

SE

estado(disjuntor,fechado)

e

msg(disparo) at T1

e

msg(disjuntor,aberto) at T2

e

condicao_temporal_mod(T2,T1,<,30)

ENTAO

disparo_trifasico at T2

regra r1:

SE

[[condicao A]

ou

[condicao B

e

condicao C]]

ENTAO

[..., conclusao_X, ...].

regra d5:

'Religacao Trifasica Bem Sucedida':

SE

disparo_trifasico at T1

e

msg(disjuntor,fechado) at T2

e

condicao_temporal(T2,T1,=<,10)

ENTAO

religacao_trifasica at T2



SPARSE - Operação do Sistema

SPARSE

Modo de funcionamento Detalhe de visualizacao Utilizador

Início Sair Tutor Explic. **SPARSE-REN**

Conclusões

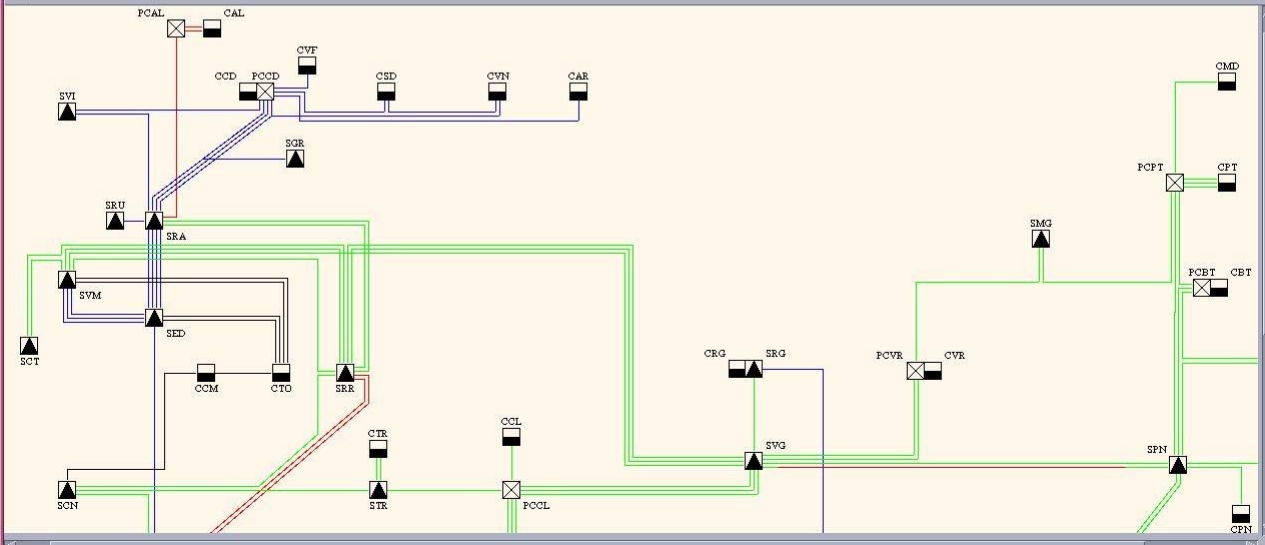
| | | |
|-------------|--------------|---|
| 25.JAN.2001 | 02:24:30.294 | >> INCIDENTE EM CURSO |
| 25.JAN.2001 | 02:24:30.294 | SCN 622 linha SCN - V.N.GAIA 0 aberta por DS em SCN |
| 25.JAN.2001 | 02:24:30.294 | SCN 622 >> Aguarde reposicao pelo OPA |
| 25.JAN.2001 | 02:25:00.027 | SCN 622 disjuntor fechado pelo opa |
| 25.JAN.2001 | 02:25:00.027 | >> FIM DE INCIDENTE |
| 25.JAN.2001 | 02:30:20.410 | >> INCIDENTE EM CURSO |
| 25.JAN.2001 | 02:30:20.410 | SRR 216 linha SRR - CN3/TG 0 aberta por DS em SRR |
| 25.JAN.2001 | 02:30:20.410 | SRR 216 >> Deve efectuar a reposicao |
| 25.JAN.2001 | 02:30:20.968 | SED 633 linha SED - STO 1 aberta por DS em SED |
| 25.JAN.2001 | 02:30:20.968 | SED 633 >> Aguarde reposicao pelo OPA |
| 25.JAN.2001 | 02:30:21.373 | SRR 216 disjuntor fechado pelo opa |
| 25.JAN.2001 | 02:30:43.203 | SED 633 disjuntor fechado pelo opa |

Ultima conclusao

25.JAN.2001 21:53:55.326 linha SSB - SPM 3 DmR nos dois extremos

Janela3

Diminuir Zoom Out



Util



SPARSE - Manutenção do Conhecimento

74 Editor de Regras - VERITAS

Eicheiro Regra Verificar Pesquisar

Identificadores: x, i1, i2, i3, i4, i5, **d1**, d2, d3, d4, d5, d6, d7, d8, d9, d10, d21, d22, j1, j2, j3, j3_1

Regra: d1 : 'DISPARO TRIFASICO COM DISJUNTOR EM MOVIMENTO'

Condicoes \ Conclusoes \ Comentarios \

Conjuncao 1 de 1

| Nega | Premissa | Msg | Tempo |
|--------------------------|--|-------------------------------------|-------|
| <input type="checkbox"/> | mensagem(Data1,Hora1,[Inst1,Painel1,[Inst2,NL]], '>>>DISPARO','01') | <input checked="" type="checkbox"/> | T1 |
| <input type="checkbox"/> | disj(.,.,Inst1,Painel1,.,.,fechado) | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | mensagem(Data2,Hora2,[Inst1,Painel1,[Inst2,NL,'DISJ']], 'DISJUNTOR','1') | <input checked="" type="checkbox"/> | T2 |
| <input type="checkbox"/> | condicao(mod_df_tempos_menor_ou_igual(T2,T1,30)) | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | mensagem(Data3,Hora3,[Inst1,Painel1,[Inst2,NL,'DISJ']], 'DISJUNTOR','C') | <input checked="" type="checkbox"/> | T3 |
| <input type="checkbox"/> | condicao(mod_df_tempos_menor_ou_igual(T1,T3,30)) | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |
| <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> | |

Eliminar Criar Anterior Proxima



Meta-regras

O Metaconhecimento pode definir-se como conhecimento acerca do próprio conhecimento que se detém

É importante para:

- guiar a selecção, localização e uso de regras
 - **aumentar a eficiência**
- facilitar a introdução de novo conhecimento

```
meta_regra(mensagemA,[(r1,50,60),(r2,55,70),(r3,60,80)]).
```

- selecção das regras a disparar
- atrasos/tolerância na transmissão da informação



SPARSE - Explicações

SAIDA

Regra

Regra

SCADA

SCADA

SCADA

SCADA

SCADA

Conclui-se que:

- o sistema conclui que o DISJUNTOR de SVM 145 se encontra ABERTO as 11:47:41.608 (21-JAN-2003)
- o DISJUNTOR de SVM 145 encontra-se FECHADO por RELIGACAO RAPIDA TRIFASICA as 11:47:42. 8 (21-JAN-2003)
- o DISJUNTOR de SVM 145, da linha SVM-SED 1 foi RELIGADO por RELIGACAO RAPIDA TRIFASICA as 11:47:42. 8 (21-JAN-2003)

Devido à Regra:

Regra: DISPARO TRIFASICO COM RELIGACAO

E aos seguintes Factos:

- houve um DISPARO em SVM 145, na linha SVM-SED 1 as 11:47:41.308 (21-JAN-2003)
- o DISJUNTOR de SVM 145, na linha SVM-SED 1 ABRIU as 11:47:41.608 (21-JAN-2003)
- a diferenca entre a ABERTURA e o DISPARO foi MENOR ou IGUAL a 30"
- o DISJUNTOR de SVM 145, na linha SVM-SED 1 FECHOU as 11:47:42. 8 (21-JAN-2003)
- a diferenca entre o FECHO e a ABERTURA foi MENOR ou IGUAL a 50"

Expandir Árvore

BACK!



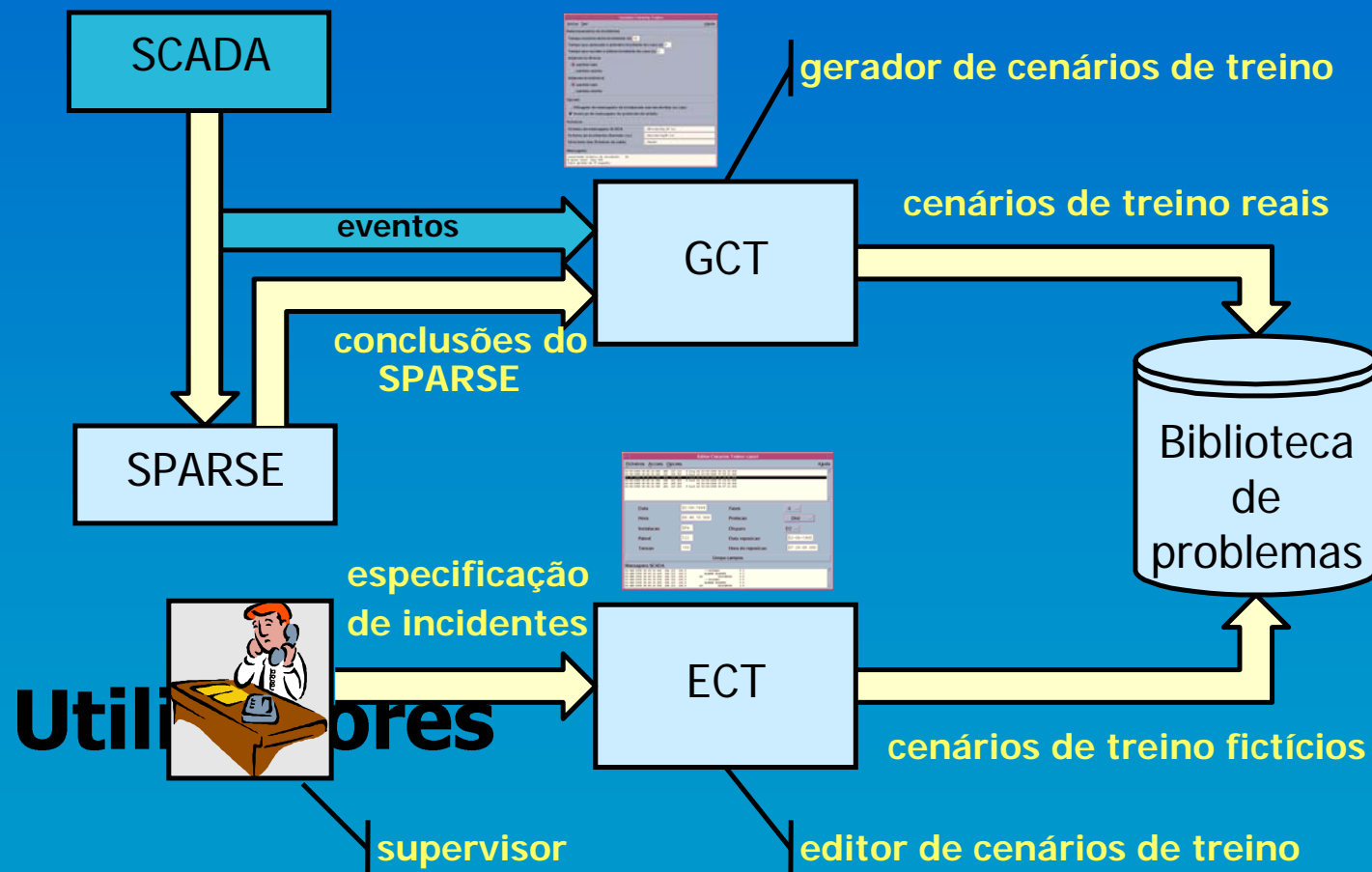
SPARSE - Tutor Inteligente

- **Treino da análise de incidentes e diagnóstico de avarias**
 - Geração de cenários
 - Planeamento da instrução
- **Treino da Reposição do Serviço**
 - O(s) operador(es) em treino interage(m) com um Sistema multi-agente
 - Agentes representando operadores
 - Em conjunto com os agentes tentam resolver o problema da reposição do serviço
 - **Modelação dos operadores**
 - Diferentes níveis de competência
 - Comportamento emocional
 - Planos de reposição do serviço

Utilizadores

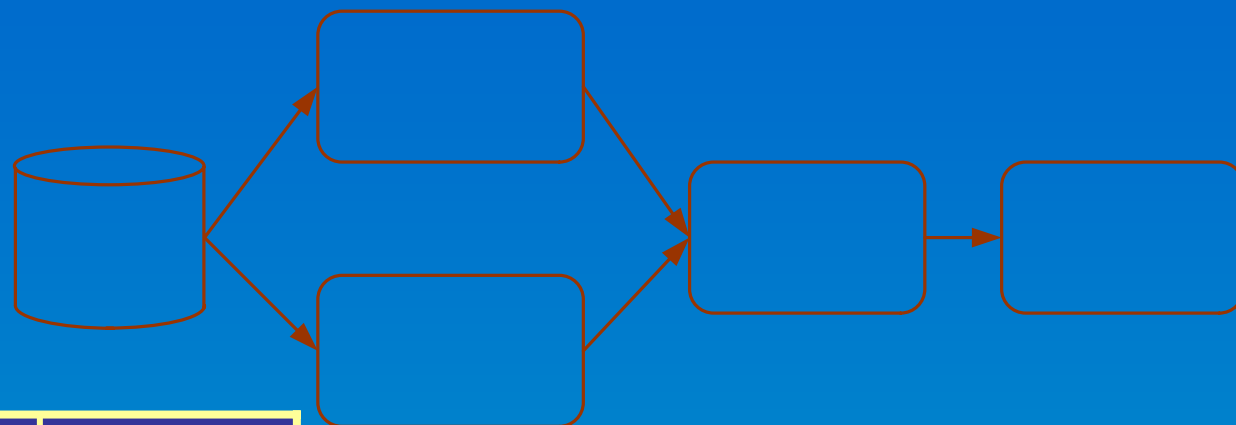


SPARSE - Tutor Inteligente



SPARSE - Tutor Inteligente

Seleccção de Problemas



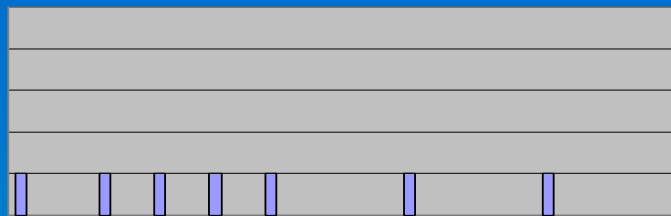
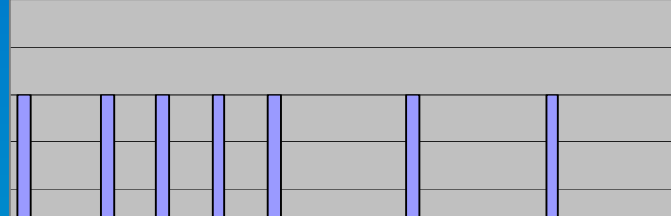
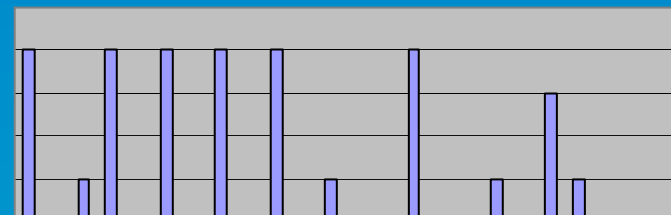
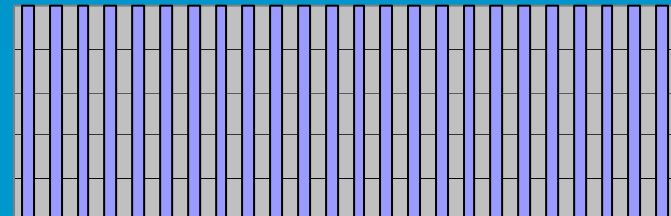
| Nível de Conhecimento Global | Nível de Aquisição Global | Variação do Nível de Dificuldade |
|------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| Elevado | Elevado | ↑ |
| Médio | Elevado | = |
| Baixo | Elevado | = |
| Elevado | Médio | ↑ |
| Médio | Médio | = |
| Baixo | Médio | ↓ |
| Elevado | Baixo | = |
| Médio | Baixo | = |
| Baixo | Baixo | ↓ |

| Nível de Dificuldade | Parâmetros do Problema | | |
|----------------------|------------------------|---------------------------|----------------------|
| | Nº de Incidentes | Nº de tipos de Incidentes | Inversão Cronológica |
| 1 | 1 | 1 | Não |
| 2 | 2 ou 3 | 2 | Não |
| 3 | 1 | 1 | Sim |
| 4 | > 3 | > 2 | Não |
| 5 | 2 ou 3 | 2 | Sim |
| 6 | > 3 | > 2 | Sim |

SPARSE - Tutor Inteligente

Evolução do Nível de Conhecimento



| Tipos de Incidentes | Evolução do Conhecimento |
|--|---|
| DS |  |
| DS, DS, DS |  |
| DS, DS, DS, DtR |  |
| Utilizadores DS, DS, DS, DtR, DtR, DmR, DmR, DmR, DtD, DtD, DmR, DtD, DmD, DmD, DmD, DmD, DmD, DtR, DtR, DmR, DtR, DS, DS, DtD, DtD |  |

SPARSE - Tutor Inteligente Reposição do Serviço

