

Lusófona Seminários



# Cloud e Grid computing

.....  
Evolução do paradigma de  
computação distribuída

Jorge Gomes <jorge@lip.pt>



- **Sobre o LIP**
- **Primórdios da computação distribuída**
- **Sobre o CERN e o LHC**
- **Sobre a computação grid**
- **Considerações e experiência**
- **Perspectivas de evolução**



# Sobre o LIP

**Laboratório de Instrumentação e Física Experimental  
de Partículas**

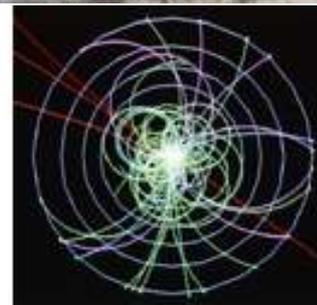
**<http://www.lip.pt>**



# LIP

## Laboratório de Instrumentação e Partículas

- LIP instituição de investigação científica:
  - Física Experimental de Altas Energias
  - Instituição privada de utilidade pública sem fins lucrativos
  - Estatuto de laboratório associado
  - Criado em 1986 quando Portugal aderiu ao CERN
- Participa em diversas experiências científicas internacionais de grande dimensão:
  - ATLAS, CMS, Compass, Auger, AMS, SNO, Zeplin, Hades, ...
  - **CERN**, ESA, SNOLAB, GSI, NASA, AUGER
- Outras actividades:
  - Construção de sistemas de aquisição de dados e detectores, I&D em detectores, física médica, software de simulação Geant4
  - **Computação**, electrónica, mecânica de precisão



**CERN - LHC**

Os físicos querem sempre ir mais longe. A computação é uma área tecnológica fundamental para a física de altas energias, que sempre esteve ligada a desenvolvimentos neste domínio.



European Organization for Nuclear Research

**Tim Berners-Lee**, a scientist at **CERN**, invented the **World Wide Web (WWW)** in 1989. The Web was originally conceived and developed to meet the demand for automatic information sharing between scientists working in different universities and institutes all over the world.

CERN is not an isolated laboratory, but rather a focus for an extensive community that now includes about 60 countries and about 8000 scientists. Although these scientists typically spend some time on the CERN site, they usually work at universities and national laboratories in their home countries. Good contact is clearly essential.

# Introdução

**A computação distribuída não é um conceito recente e está em constante evolução**

- **Em Agosto de 1949**
  - **Primeiro teste nuclear da URSS**
  - **Primeiro bombardeiro intercontinental**



Tu-85  
638 km/h  
12,000 km

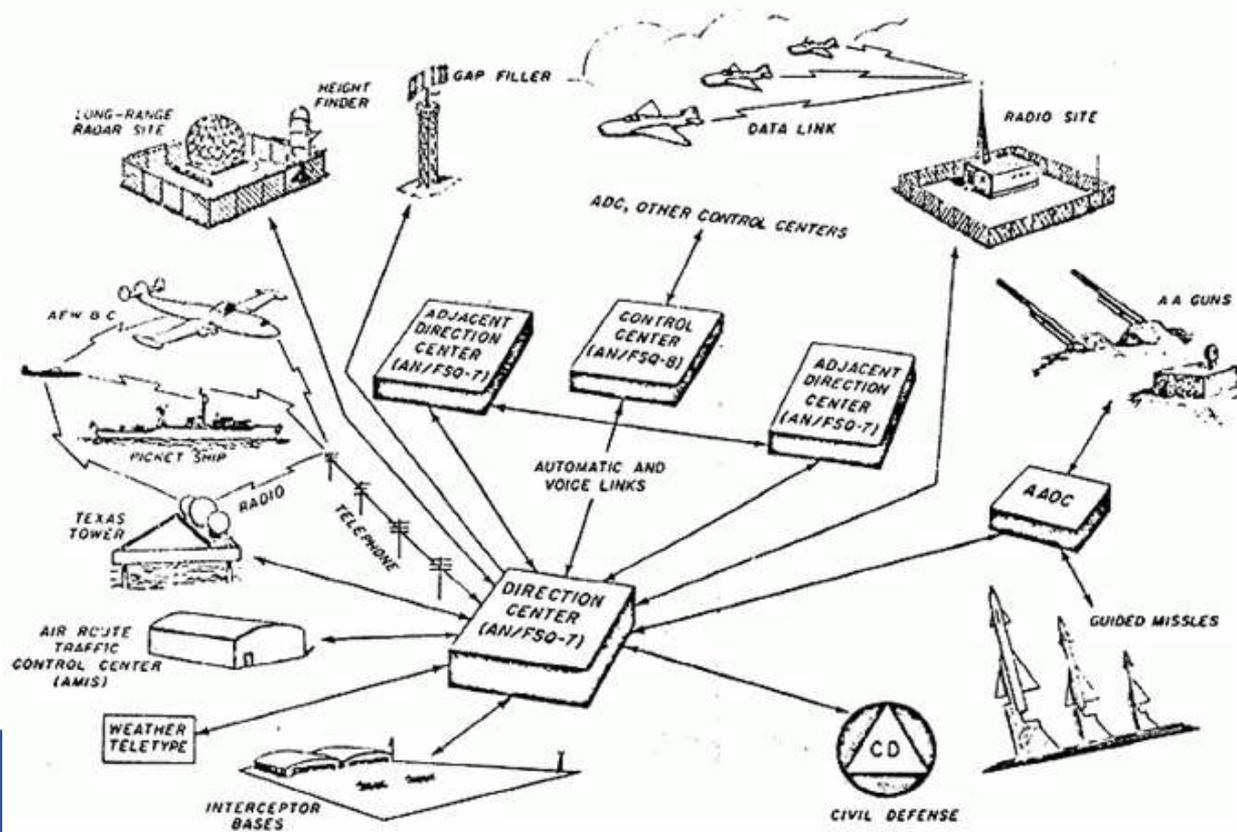
- **Os EUA temiam um ataque nuclear Soviético**
- **Os bombardeiros eram cada vez mais rápidos**
- **O tempo entre a detecção dos potenciais atacantes e a chegada ao alvo era cada vez mais curto**

- Surge a ideia de automatizar o processo de tratamento e consolidação da informação dos radares e de outras fontes
- Apresentar uma visão integrada do espaço aéreo

2

3-12-0

Identification  
2.4.1.1-2.4.1.3





# SAGE

## Semi Automatic Ground System

- Sistema semi-automatizado para seguir e interceptar aeronaves
- Usado pelo NORAD a partir do final da década de 50
- Projecto piloto iniciado em 1949 usando o primeiro computador real time “whirlwind I” desenvolvido no MIT
- O projecto SAGE começou em 1954 e ficou operacional em 1959
- Projecto executado pelo MIT e IBM para a Força Aérea dos EUA
- Um dos maiores projectos de computação de sempre
- O SAGE estava 10 a 30 anos à frente de tudo o que então existia





# SAGE

## Semi Automatic Ground System

- Contribuiu enormemente para o desenvolvimento da computação sistemas interactivos, sistemas de tempo real, terminais CRT, comunicações digitais, redundância
- Terá inspirado a criação da ARPANET
- O sistema interligava mais de 100 radares e 20 centros de comando com computadores e operadores:
  - Cada computador A/N FSQ-7 ocupava 2000m<sup>2</sup>, pesava ~275 toneladas
  - Primeiro computador com memória de anéis de ferrite (64K x 32bits)
  - Cerca de 50000~60000 válvulas (????)
  - Consumia 3 megawatts (????)
  - Primeiro sistema hot standby havia dois computadores por centro
  - Um centro de comando tinha 100 operadores e 60 técnicos da IBM





# SAGE

## Semi Automatic Ground System

- As válvulas falhavam constantemente, os técnicos passavam o tempo a muda-las
- O sistema era redundante para poder resistir às falhas
- Isolava zonas em falha
- Existiam dois computadores em cada localização

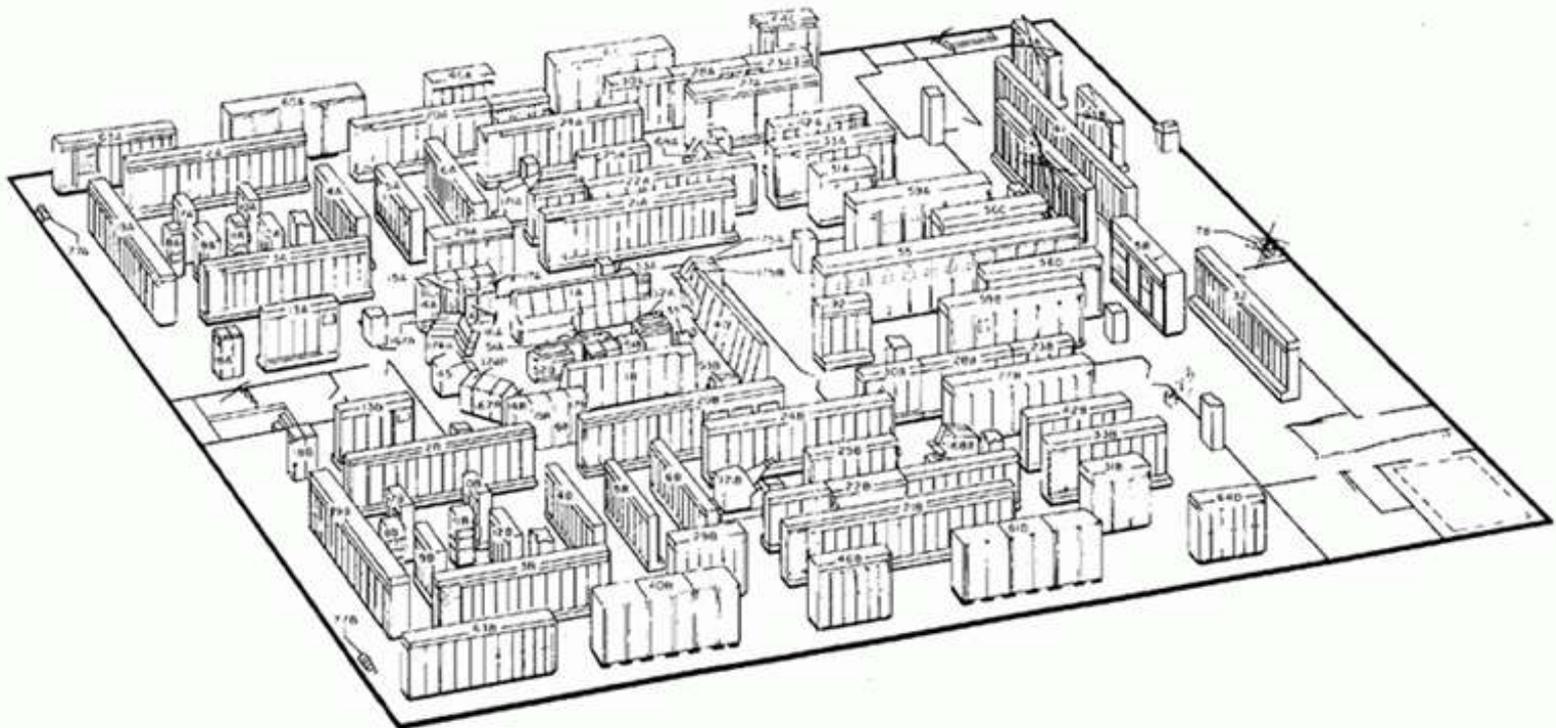




# SAGE

## Semi Automatic Ground System

- Todos os centros estavam interligados
- Ligações por linhas analógicas
- Comunicação digital com modems 1300 baud
- As mais extensas linhas de dados até então





# 1960 Man-Computer Symbiosis

It seems reasonable to envision, for a time 10 or 15 years hence, a “thinking center” that will incorporate the functions of present-day libraries together with anticipated advances in information storage and retrieval and the symbiotic functions suggested earlier in this paper.

The picture readily enlarges itself into a **network of such centers, connected to one another by wide-band communication lines and to individual users by leased-wire services.**

In such a system, the speed of the computers would be balanced, and the cost of the gigantic memories and the sophisticated programs would be divided by the number of users.

*Man-Computer Symbiosis, J.C.R. Licklider, 1960*



# 1960 Man-Computer Symbiosis

## Partilha para maior capacidade

**Interacção cooperativa entre homem e computador**



**Diferença de capacidade entre homem e computador**



**Partilha de recursos**  
**Interligação de recursos**

# Sobre o CERN e o LHC

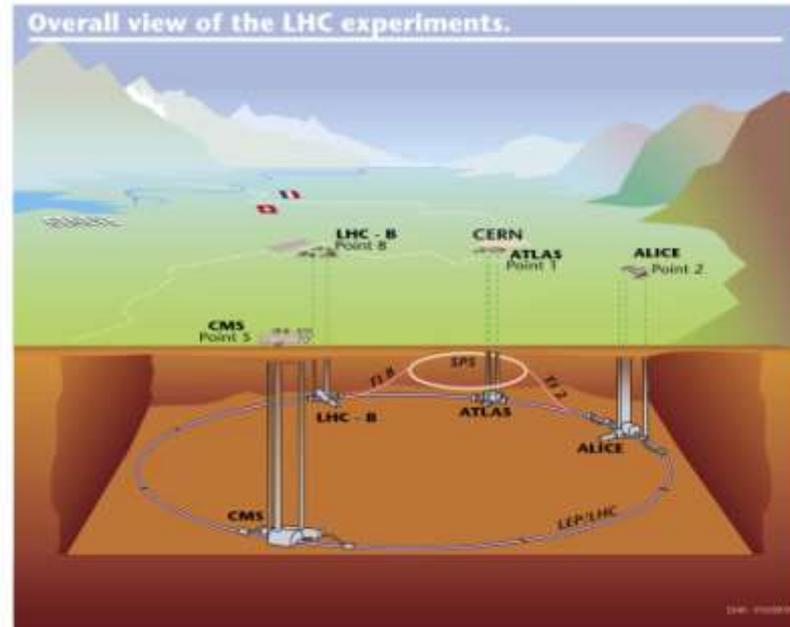
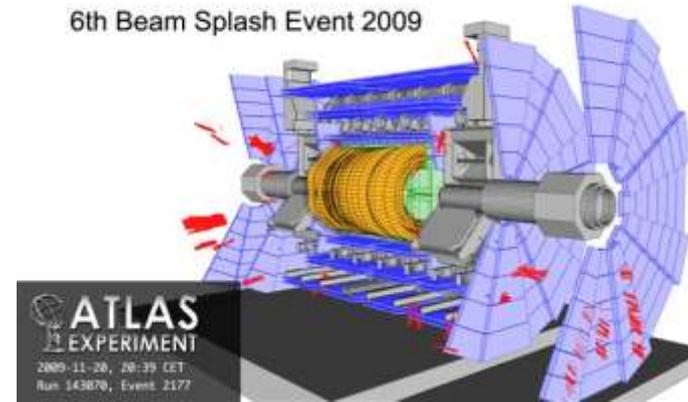
**O centro Europeu de Física de Altas Energias**

**O Large Hadron Collider**

**A computação para o Large Hadron Collider**

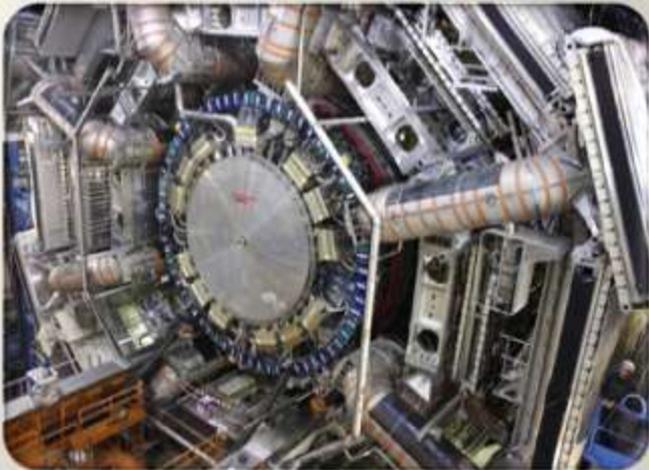
- O Large Hadron Collider (LHC) é o maior instrumento científico jamais criado:
  - Localizado no CERN (fronteira Suíça/França)
  - 27 Km de circunferência
  - A 100-150 metros de profundidade
  - 600 milhões de colisões por segundo
  - Reproduzir a intensidade de energia que existiu momentos após o big bang
- Objectivo:
  - Sondar a estrutura da matéria como nunca antes foi tentado
  - **Compreender questões fundamentais sobre o Universo e a matéria**
- Quatro experiências em paralelo:
  - ATLAS, CMS, ALICE, LHCb

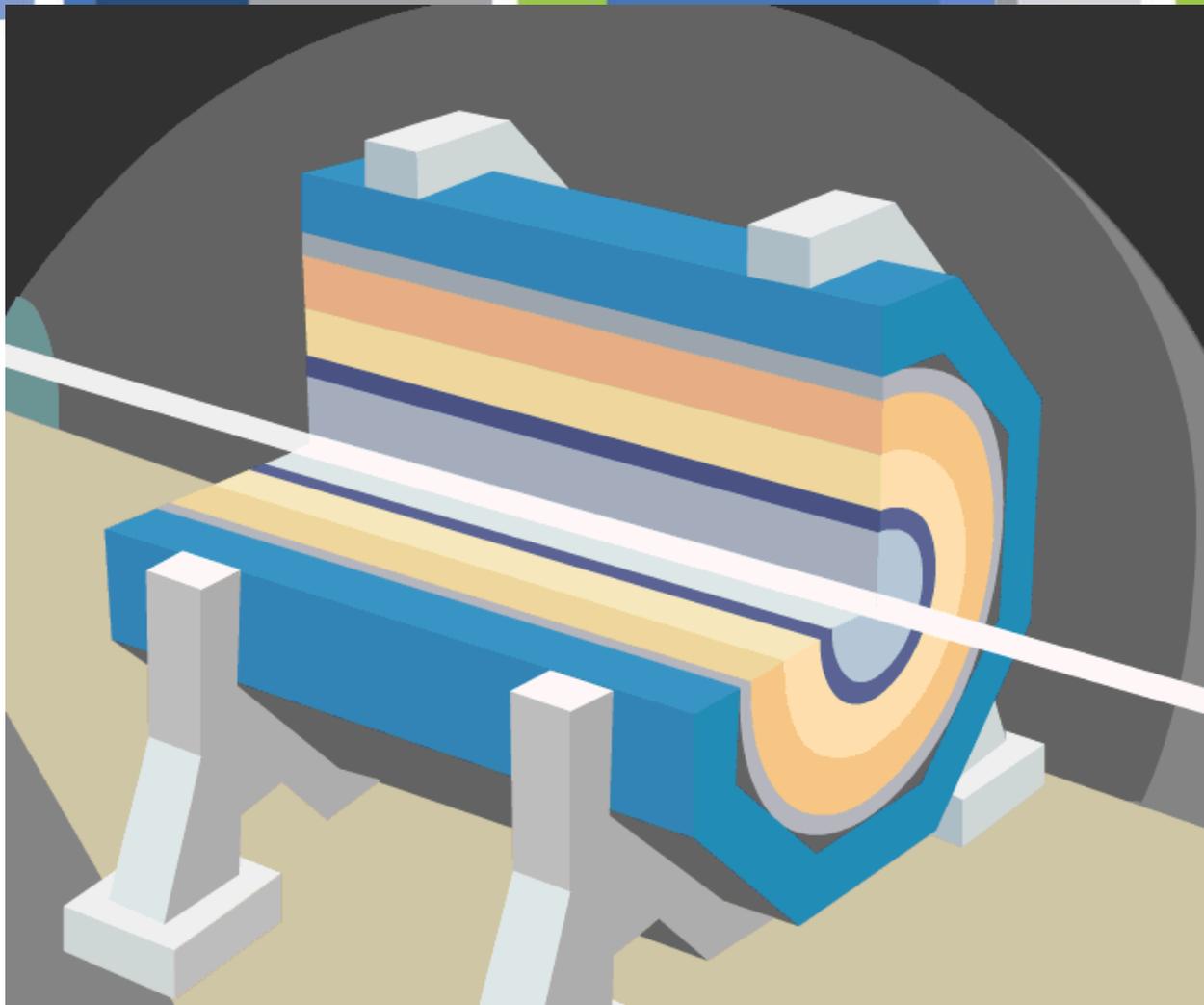
6th Beam Splash Event 2009





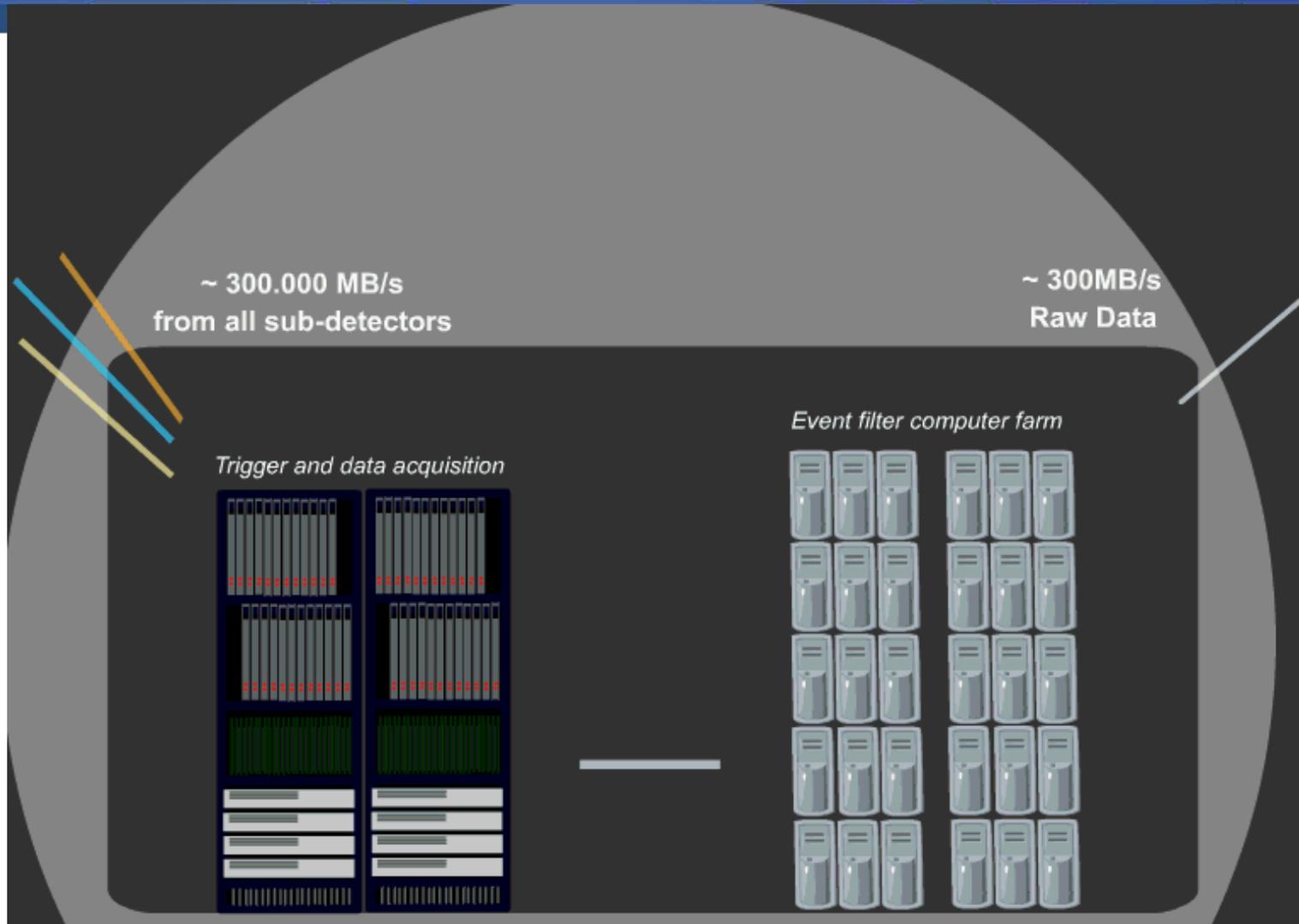
# Acelerador e detectores



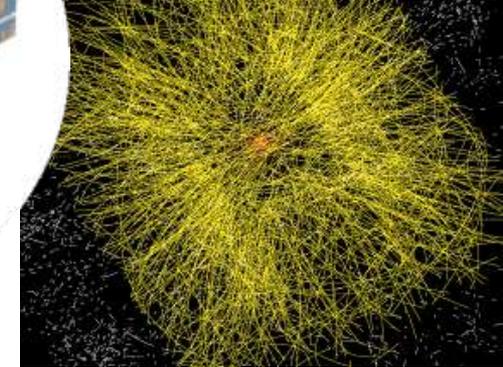


Luminosidade :  
 $10^{34} \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

Frequência:  
40 MHz – cada 25 ns

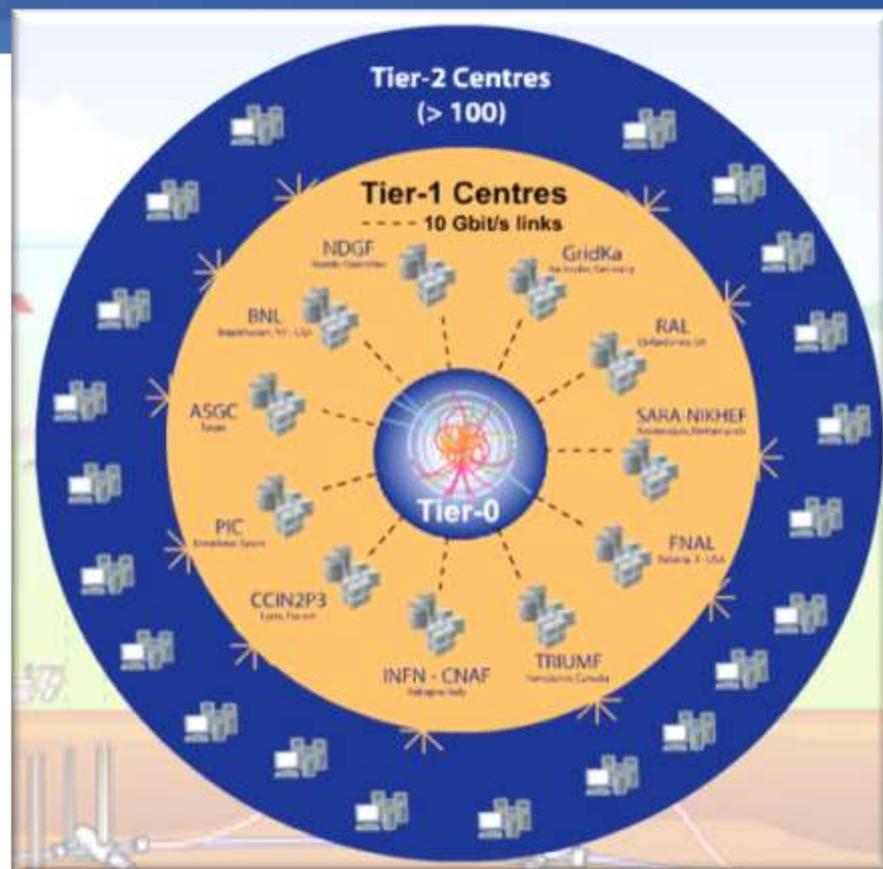


- **Volume de dados**
  - 4 experiências
  - **15 PetaBytes por ano**  
(1.7 milhões de dual-layer DVDs)
- **Complexidade**
  - Dados complexos
  - Milhares de utilizadores
  - Mais de **100.000 CPUs** modernos
- **Escala global**
  - Recursos distribuídos
  - Centenas de laboratórios
  - Análise e simulação distribuída
  - Tecnologia **GRID**



- O paradigma da computação grid foi adoptado para a integração dos recursos computacionais.
- A comunidade da física de altas energias tem sido uma grande impulsionadora da computação grid.

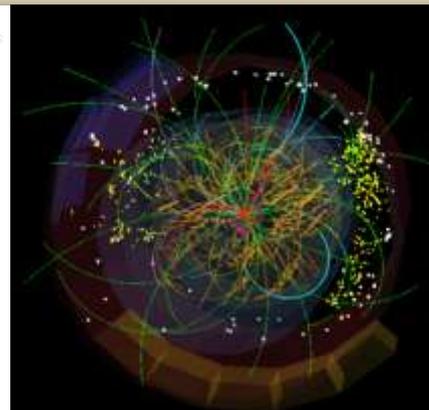
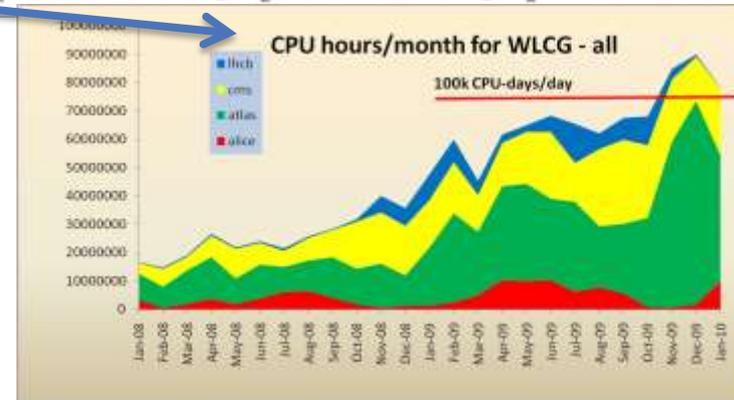
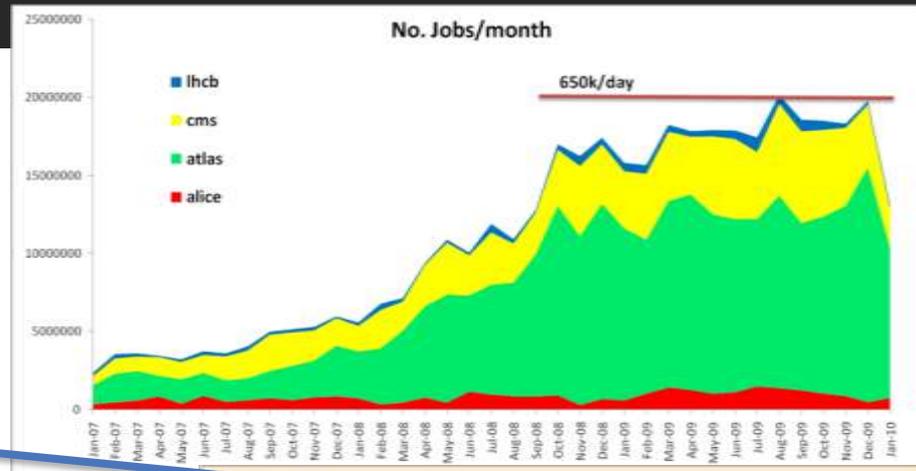
- **A colaboração:**
  - 4 experiências
  - 34 países
  - 170 centros de cálculo
  - 12 grandes centros (Tier-0, Tier-1)
  - 38 federações de centros mais pequenos (Tier-2)
  - Infra-estruturas grid regionais EGEE, OSG, Nordugrid
  
- **MoU de computação:**
  - Entre o CERN e os governos
  - Acordado em Outubro de 2005



O LIP é responsável pela operação de um centro Tier-2 federado em Portugal integrado no WLCG

# Today WLCG is a success

- **Running increasingly high workloads:**
  - Jobs in excess of 650k / day; Anticipate millions / day soon
  - CPU equiv. ~100k cores
- **Workloads are:**
  - Real data processing
  - Simulations
  - Analysis – more and more (new) users
- **Data transfers at unprecedented rates**



# Sobre a computação grid

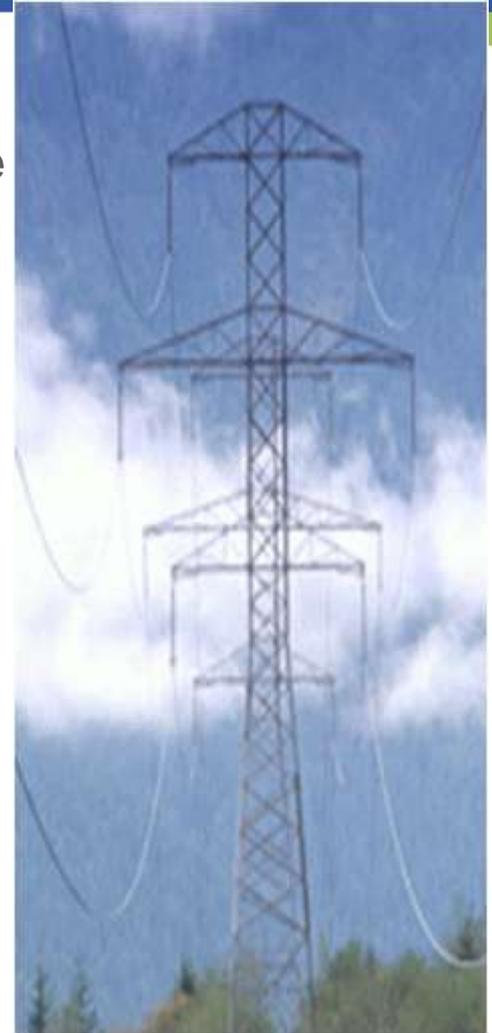
Conceito, projectos, e middleware



# Computação grid

## Paradigma de computação distribuída

- **Permite: interconexão de recursos**
  - Heterogéneos (sensores, instrumentos, meios de cálculo, diferentes configurações e S.O., etc)
  - Distribuídos geograficamente
  - Pertencentes/geridos por múltiplas entidades
- **Para: Criação de uma fonte universal de recursos computacionais**
  - Disponível em todo o lado
  - Consistente
  - Fiável
- **Permitir:**
  - Partilha de recursos
  - Optimização da sua utilização
  - Permitir a criação de novas aplicações

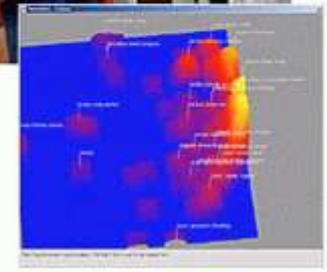




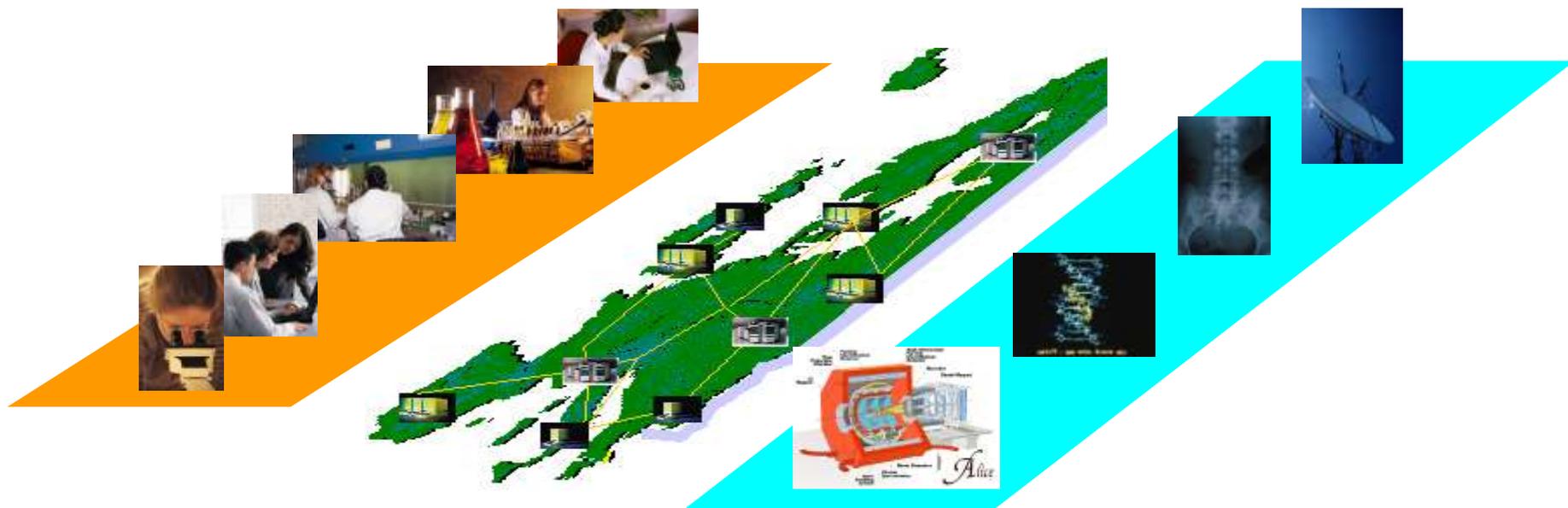
# Ciência e computação grid

## Motivação

- É cada vez mais difícil que uma única instituição de investigação consiga disponibilizar os meios computacionais necessários para a investigação científica moderna
- Optimização dos recursos computacionais disponíveis
- Alguns domínios de utilização:
  - **Física/Astronomia:** processamento de dados de diferentes tipos de instrumentos
  - **Medicina:** imagiologia, diagnóstico e tratamento
  - **Bioinformática:** estudo do genoma e proteoma compreender as doenças genéticas
  - **Nanotecnologia:** concepção de novos materiais à escala molecular
  - **Engenharia:** desenho, concepção, simulação, análise de falhas, instrumentação remota e controlo
  - **Ambiente e recursos naturais:** meteorologia, observação da terra, modelação de sistemas complexos: rios, inundações, tremores de terra



Investigadores precisam de trabalhar independentemente da sua localização.  
Para isso precisam de trabalhar sobre informação distribuídos por todo o mundo.



**GRID: centros de processamento de dados distribuídos e software para integrar os recursos "middleware"**

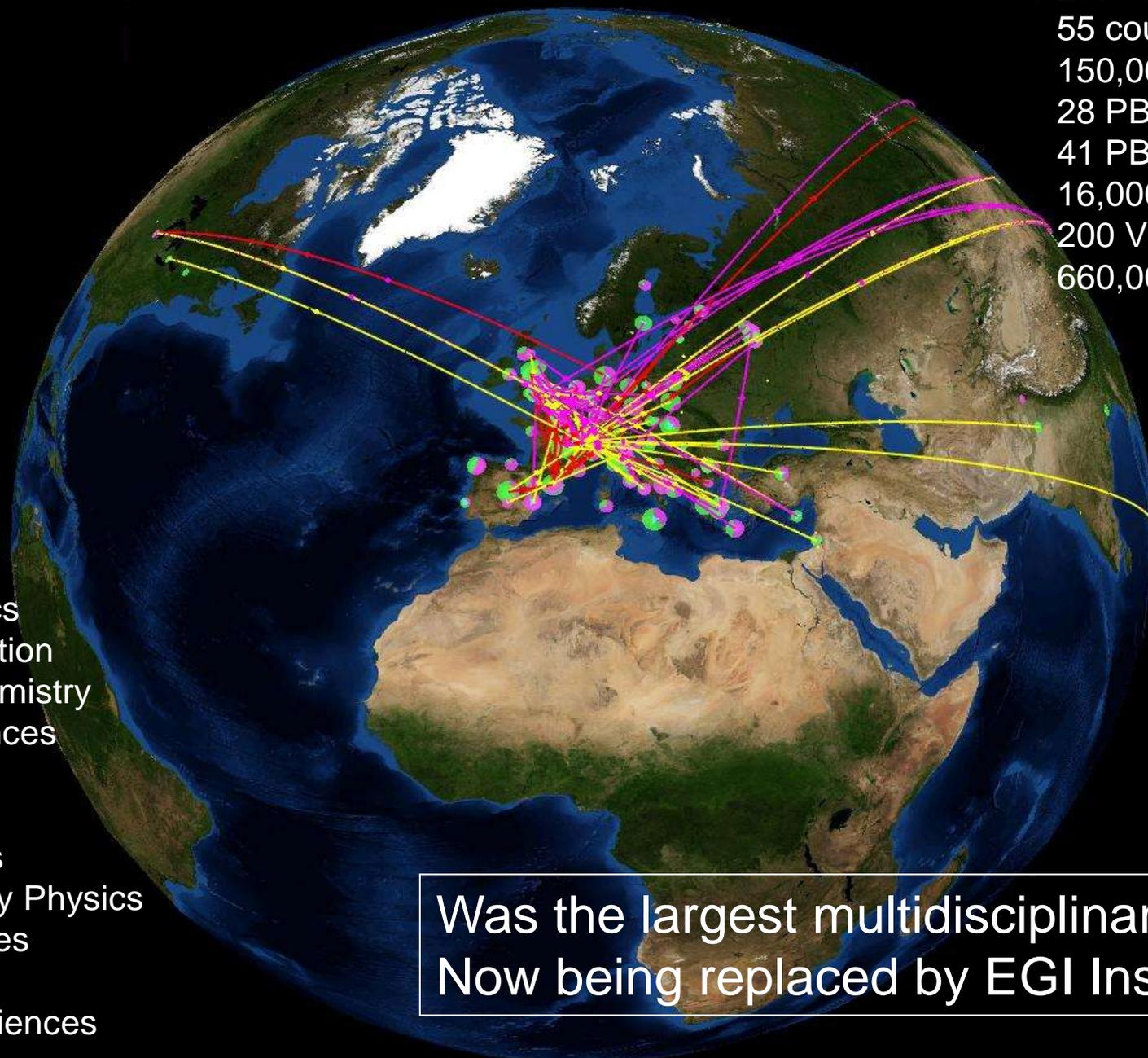
Instrumentos científicos e experiências produzem gigantescas quantidades de dados armazenados em diferentes locais e que apenas podem ser processados através da combinação e recursos computacionais.

	DataGrid	CrossGrid	LCG	EGEE - I	EELA	EGEE -II	Int.Eu.Grid	EGEE -III	EGI Inspire
2001									
2002									
2003									
2004									
2005									
2006									
2007									
2008									
2009									
2010									

LIP projectos de computação grid



267 sites  
55 countries  
150,000 CPUs  
28 PB online  
41 PB offline  
16,000 users  
200 VOs  
660,000 jobs/day



- Archeology
- Astronomy
- Astrophysics
- Civil Protection
- Comp. Chemistry
- Earth Sciences
- Finance
- Fusion
- Geophysics
- High Energy Physics
- Life Sciences
- Multimedia
- Material Sciences
- ...

Was the largest multidisciplinary grid  
Now being replaced by EGI Inspire



# Middleware

- **Security**
  - Virtual Organization Management (VOMS)
  - MyProxy
- **Data management**
  - File catalogue (LFC)
  - File transfer service (FTS)
  - Storage Element (SE)
  - Storage Resource Management (SRM)
- **Job management**
  - Work Load Management System(WMS)
  - Logging and Bookeeping (LB)
  - Computing Element (CREAM CE, LCG CE)
  - Worker Nodes (WN)
- **Information System**
  - Monitoring: BDII (Berkeley Database Information Index), RGMA (Relational Grid Monitoring Architecture) → aggregate service information from multiple Grid sites, now moved to SAM (Site Availability Monitoring)
  - Monitoring & visualization (Gridview, Dashboard, Gridmap etc.)





# Middleware Serviços grid

- **Serviços locais:** instalados em cada centro de recursos (site)
  - Computing Element (CE)
  - Storage Element (SE)
  - Monitoring Box (MonBox)
  - User Interface (UI)
  
- **Serviços centrais:** são instalados para serviço de uma região ou conjunto de utilizadores suportam a integração dos recursos e a interacção dos utilizadores com os recursos:
  - Resource Broker (RB)
  - Top-Berkeley-Database Information Index (BDII)
  - File Catalogues (FC)
  - Virtual Organization Membership Service (VOMS)
  - MyProxy server (PX server).

# Middleware

## Serviços centrais e locais

Utilizador

UI

Virtual Organizations Membership

VOMS

Resource Broker

WMS / RB

Top Information Index

Top BDII

File Catalogue

FC

Myproxy

PX

Computing Element

CE

Site BDII

Storage Element

SE

Monitoring Box

Mon Box

Computing Element

CE

Site BDII

SE

Mon Box



# Middleware

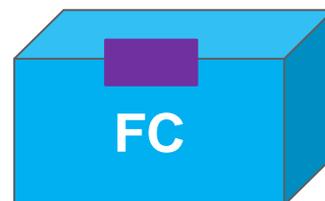
## Sistema de autorização para VOs

Autenticação é baseada em certificados X.509

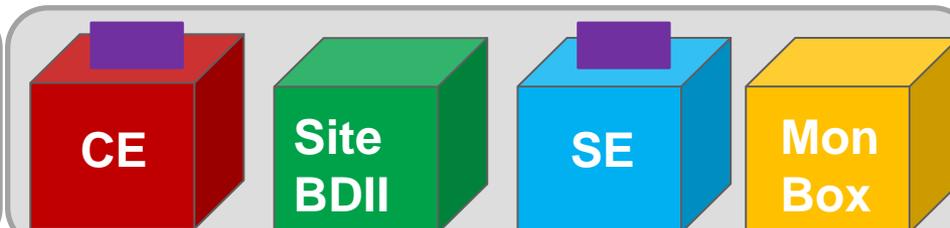
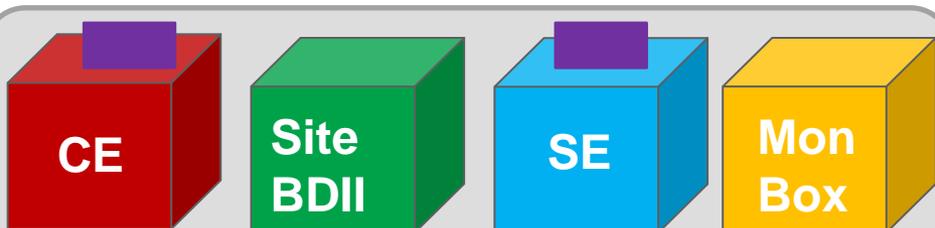
Obter credenciais de acesso atributos X.509 assinados para adicionar a um proxy certificate



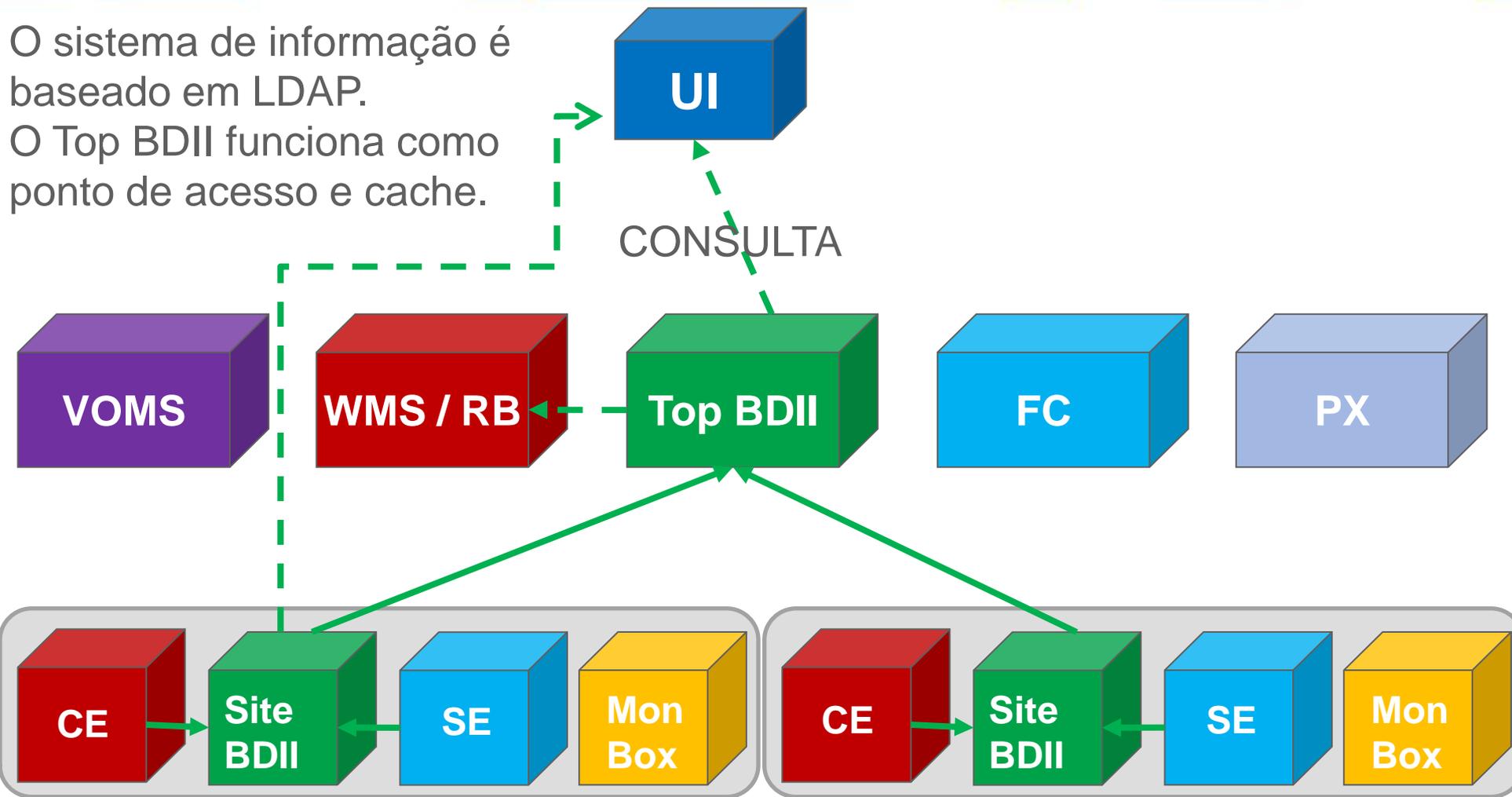
O VOMS mantém informação sobre os membros das organizações virtuais seus grupos e direitos.



Nos serviços módulos de autorização verificam as credenciais VOMS



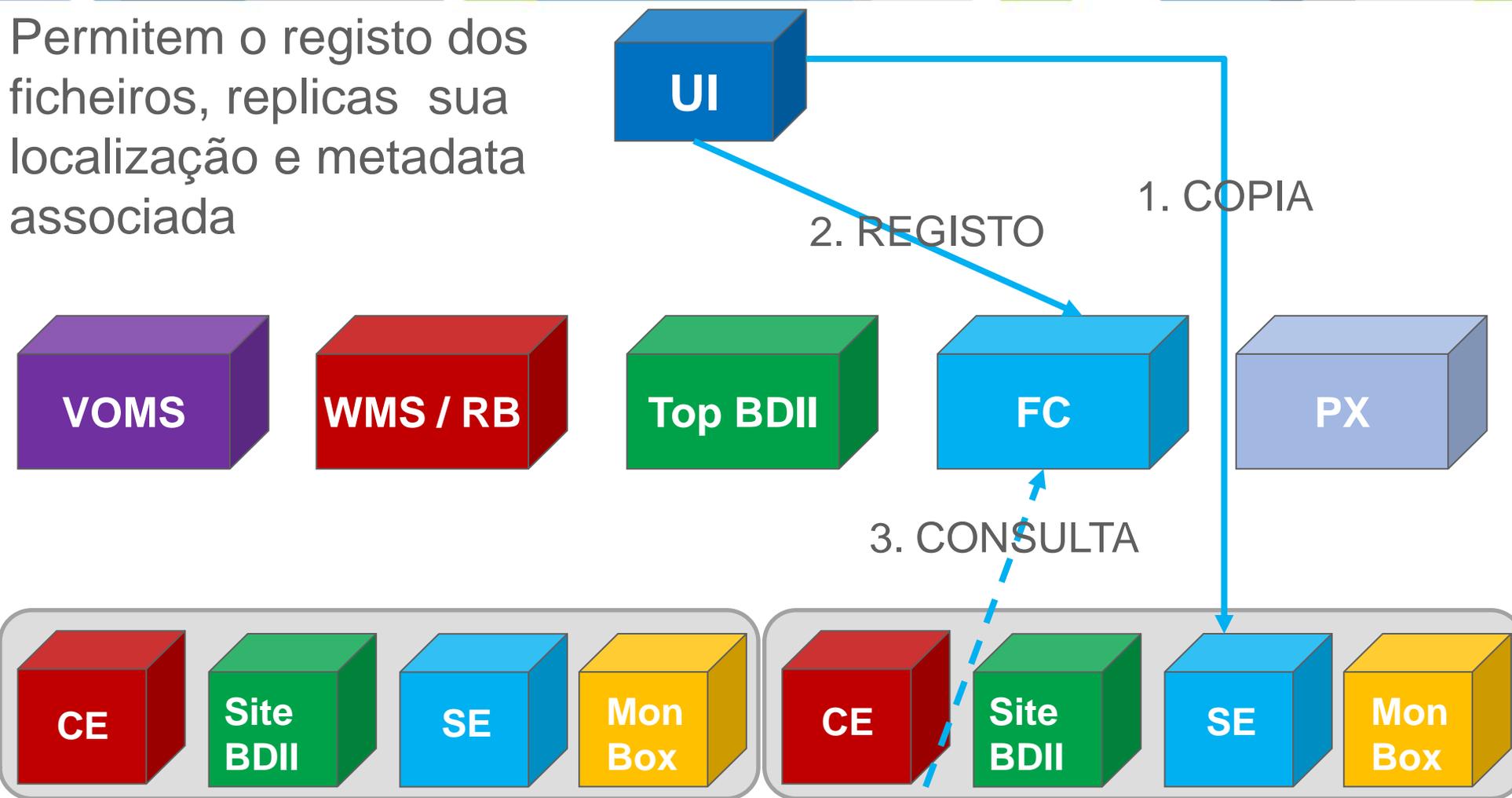
O sistema de informação é baseado em LDAP.  
 O Top BDII funciona como ponto de acesso e cache.



# Middleware

## Catálogos de ficheiros

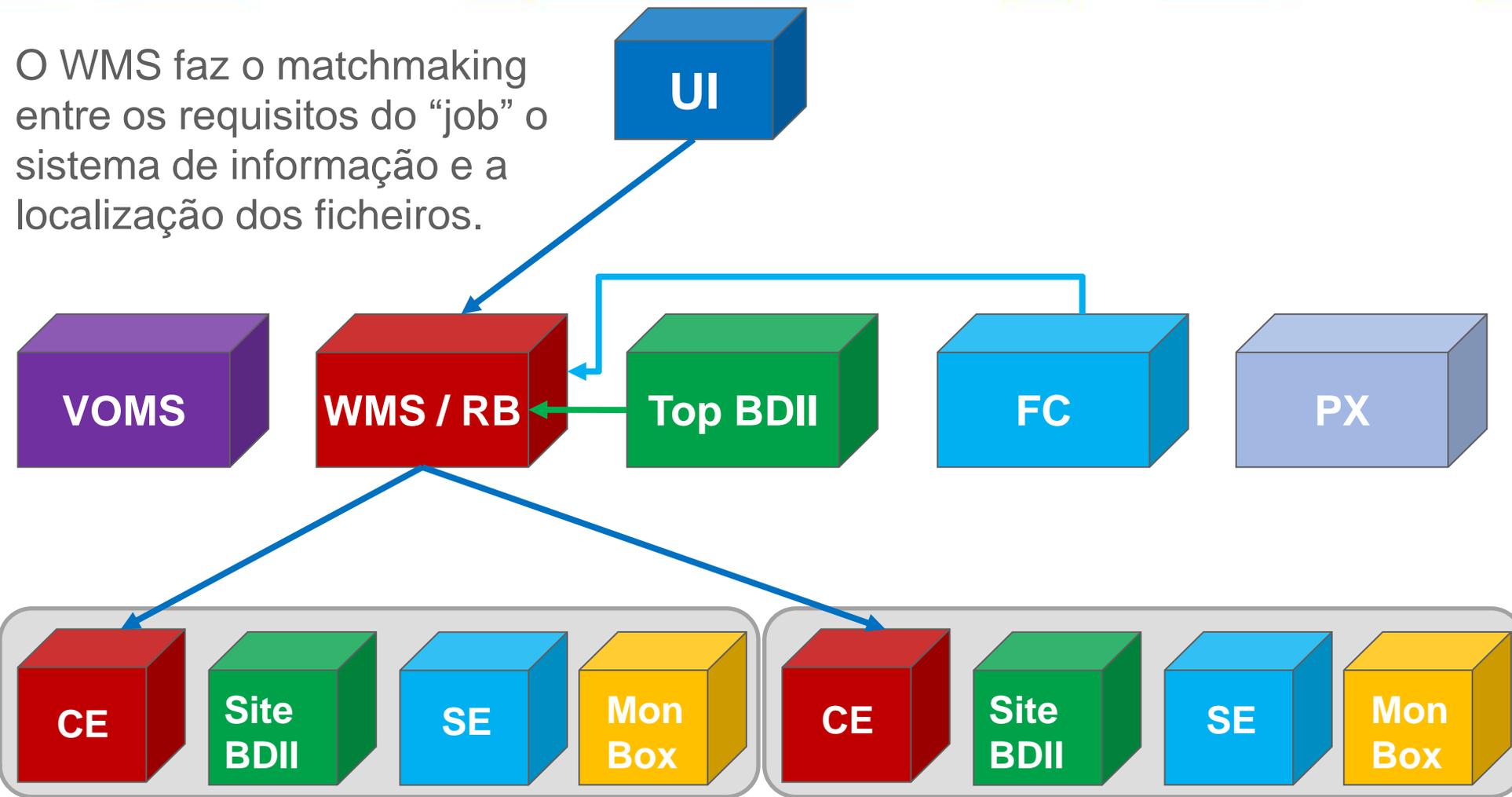
Permitem o registo dos ficheiros, replicas sua localização e metadata associada



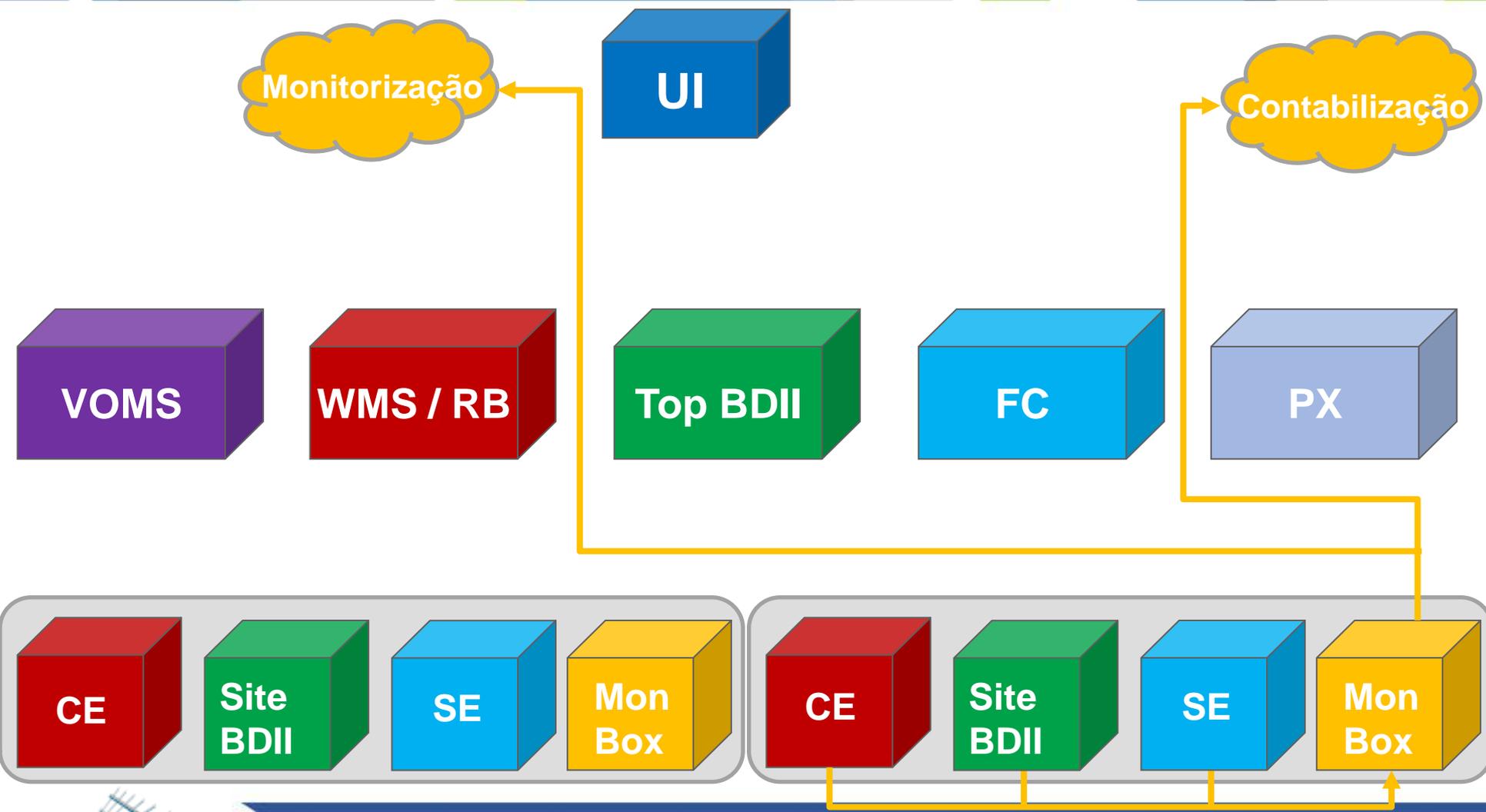
# Middleware

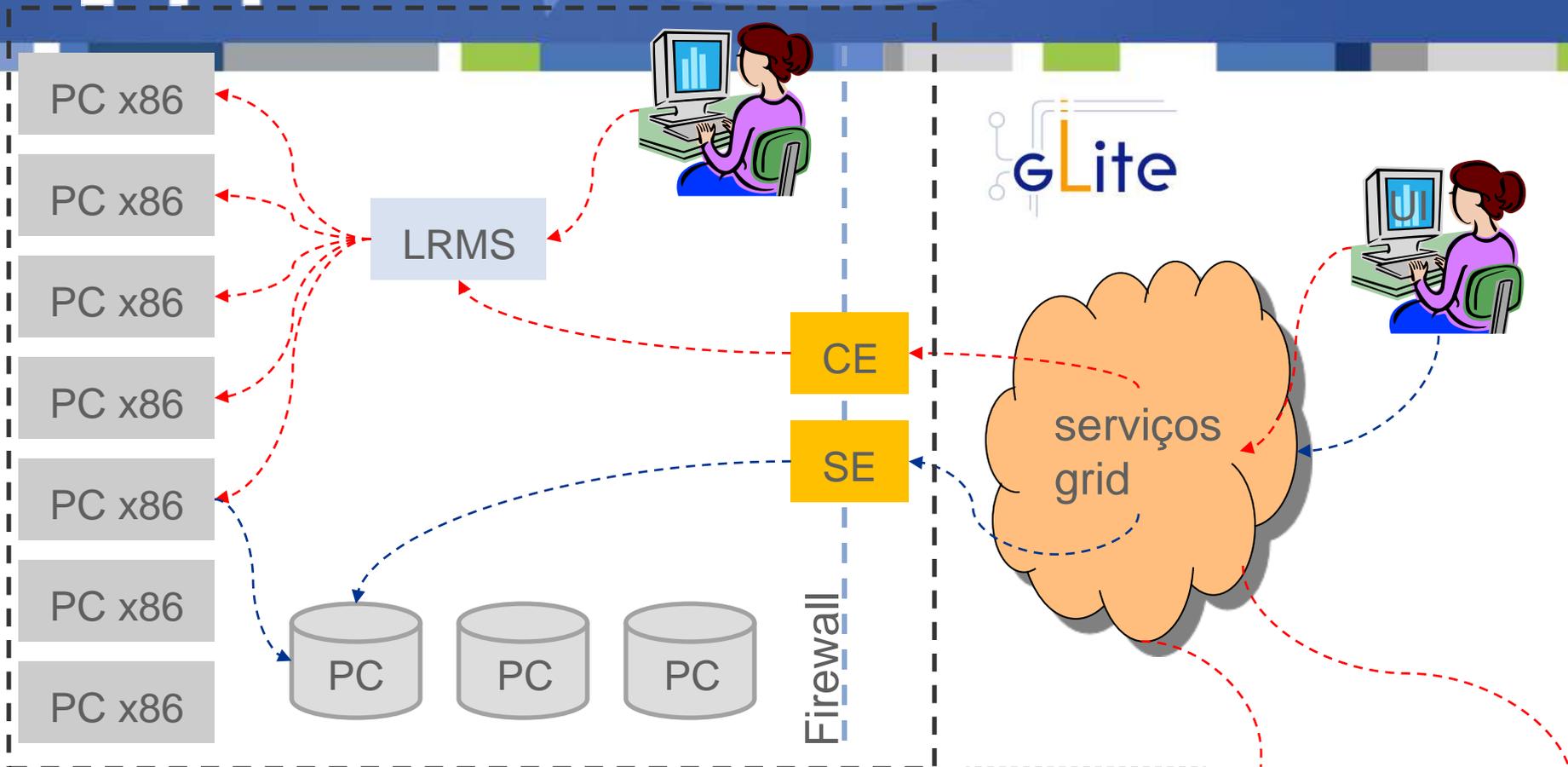
## Submissão de trabalhos

O WMS faz o matchmaking entre os requisitos do “job” o sistema de informação e a localização dos ficheiros.

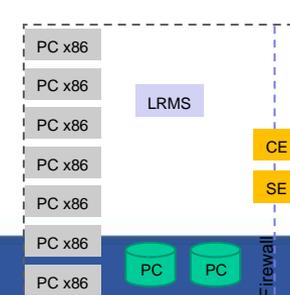
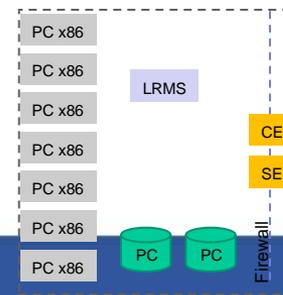


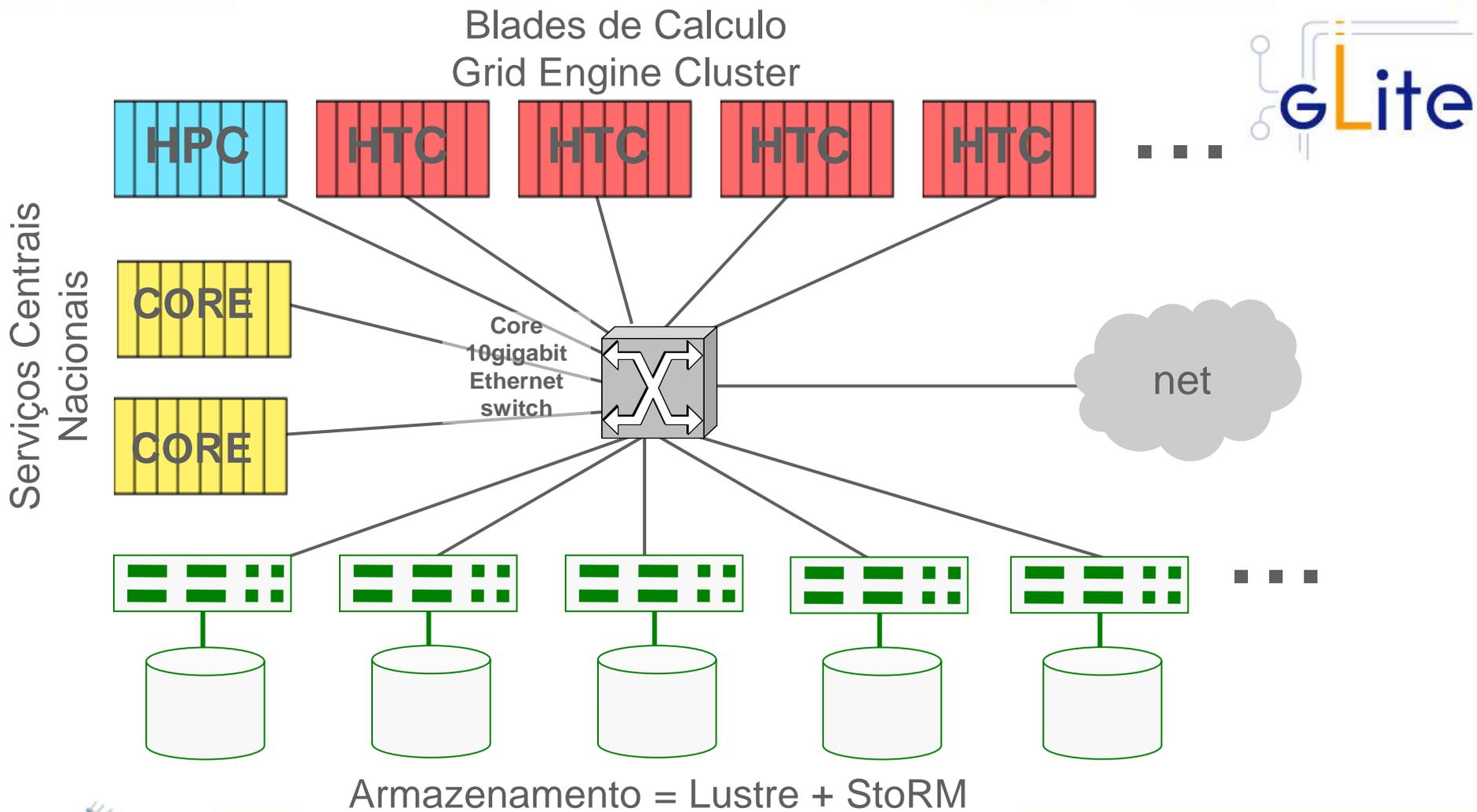
# Middleware Monitorização e Contabilização





- Conjunto de PCs arquitetura x86
- Sistema operativo Linux
- Sistema de batch (LRMS: Torque, SGE, condor)







# Nó central de computação grid Iniciativa Nacional Grid

- **Potencia electrica:**
  - 2000 kVA
  - 6x 200kVA UPSs
  - Gerador diesel de emergencia
- **Arrefecimento com agua:**
  - Chillers + free-cooling
  - Close-control AVAC
- **Outras características:**
  - Area 370m<sup>2</sup>
  - Detecção e extinção automaticos
  - Controlo de acessos
  - Monitorização e alarmes remotos
- **Recursos de cálculo:**
  - Cluster HTC + HPC
  - Armazenamento
  - Serviços grid centrais nacionais

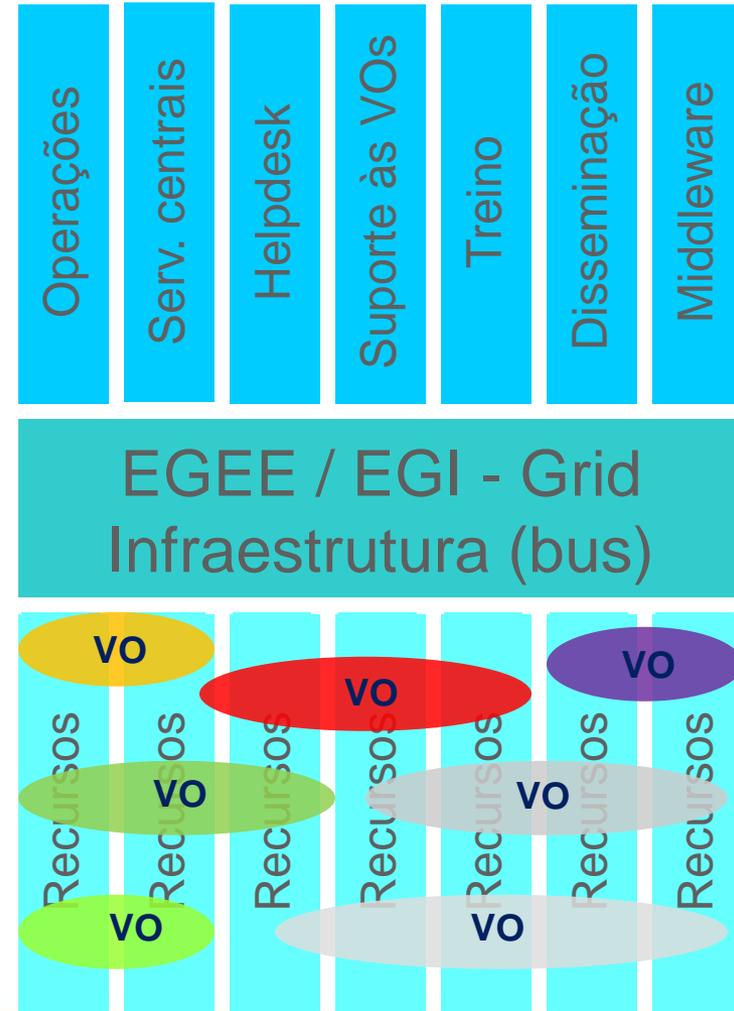


# Considerações e experiência

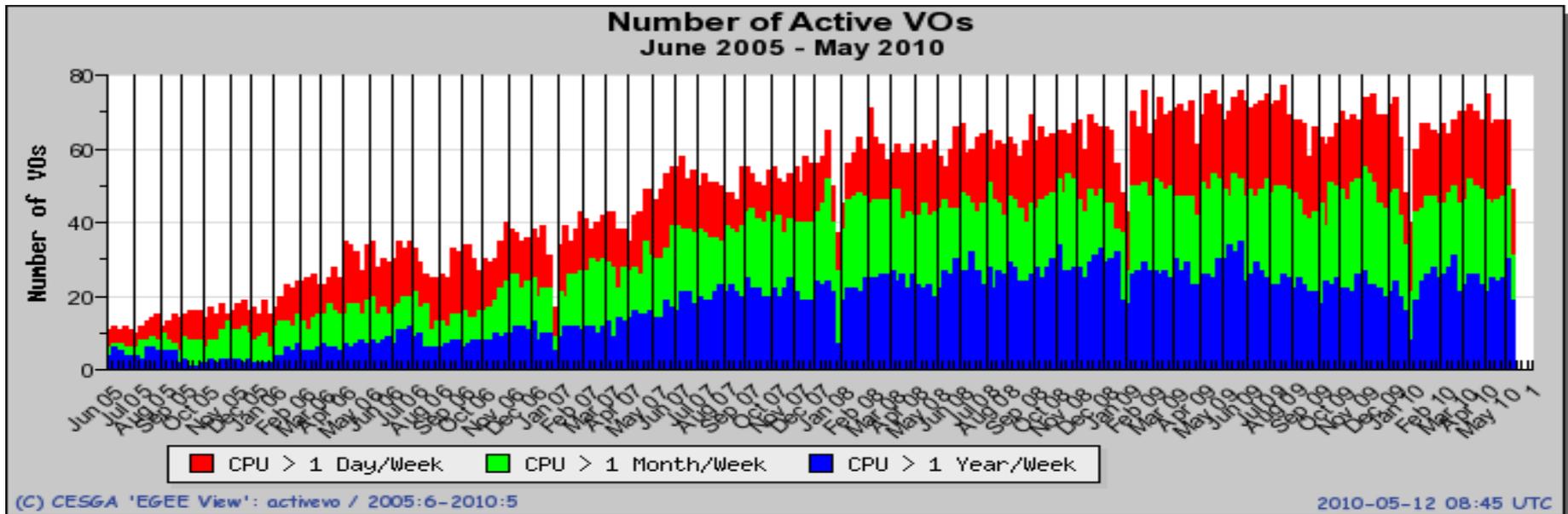
**Vantagens e limitações da computação grid**

**Considerações sobre computação grid em e-ciência**

- O modelo para grids científicas é baseado em organizações virtuais (VO) – comunidades de utilizadores:
  - Os utilizadores organizam-se e criam uma VO
  - Os membros da VO integram os seus recursos
  - Partilham os seus recursos com os membros da VOs
  - Alguns poderão partilhar com outras VOs
  - Não existe um modelo económico de “pagamento” e recompensa



- Baixa motivação para partilhar recursos:
  - Não existe compensação para partilhar com outras VO's
  - Frequentemente só há partilha quando existem utilizadores locais que precisam da grid e que requerem essa partilha
  - Existe tendência para partilhar o mínimo possível
  - → Baixa capacidade disponível para oferecer elasticidade às VO's







# Experiência com as Comunidades de utilizadores

- **Muitas outras comunidades são diferentes:**
  - Pequeno número de utilizadores (por vezes apenas um ou dois)
  - Não estruturadas e frequentemente em competição
  - Pouco distribuídas e muito isoladas
  - Com poucos recursos
  - Picos isolados de actividade em vez de utilização sustentada
  - Sem tradição de cooperação (sociologia)
- **Pouca motivação para partilhar recursos**
- **Por vezes é possível criar uma VO comum:**
  - Exemplo: A biomed VO criada pelo EGEE inclui muitos grupos de utilizadores de áreas diferentes sobre uma coordenação comum

- **Técnicos**

- Esforço muito importante de standardização (Open Grid Forum)
- Interoperabilidade (Não perfeita ou completa mas valiosa)
- Gestão sofisticada de recursos e dados
- Autenticação global para infraestruturas grid
- Políticas de utilização de segurança comuns
- Muitos desenvolvimentos em privacidade e segurança
- Infraestrutura poderosa baseada na rede Géant
- Middleware stack modular cada vez mais Europeu

- **Estrutura Europeia de politica e coordenação**

- Fórum Europeu de reflexão para políticas de e-ciência (e-IRG)
- Criação de Iniciativas Nacionais Grid suportadas pelos governos
- Criação da Iniciativa Europeia Grid (EGI)
- Modelo de sustentabilidade a longo termo

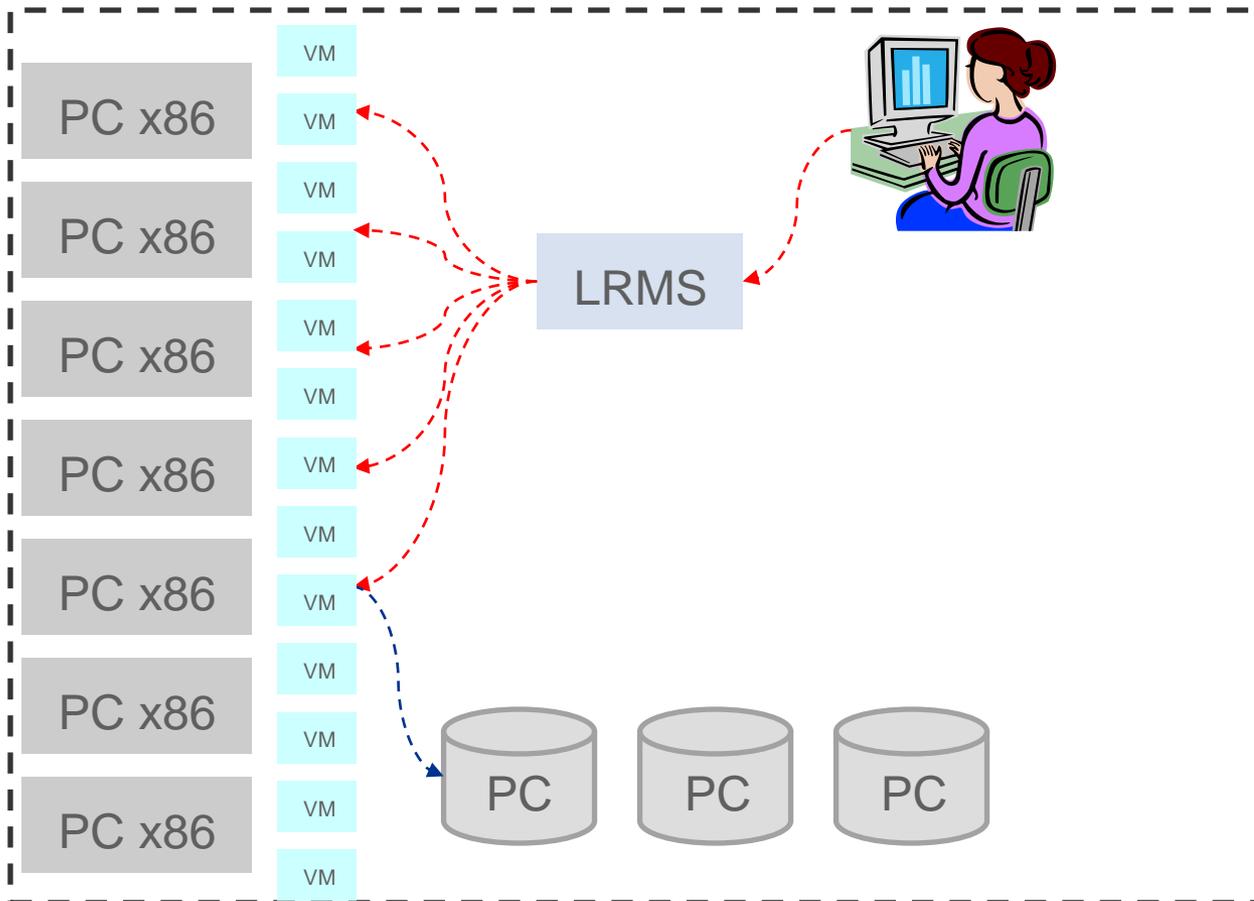
- **Infraestrutura orientada sobretudo para processamento batch**
- **Limitado suporte para High Performance Computing (HPC)**
- **Arquitetura complexa**
- **Curva de aprendizagem difícil**
- **Difícil de instalar, manter e diagnosticar**
- **Operação pode requerer recursos humanos significativos**
- **A criação de novas comunidades (VOs) é um processo pesado**
- **Diversos stacks de middleware sem interoperabilidade total (gLite, ARC, UNICORE, globus, NAREGI)**
- **As aplicações podem requerer adaptações significativas**
- **Pouco “user-friendly”**
- **Reduzido leque de sistemas operativos suportados**
- **Demasiado pesado para pequenas comunidades**
- **Demasiado pesado para utilizadores com necessidades modestas**

# Perspectivas de evolução

**Virtualização**

**Infraestruturas**

**Cloud computing e tudo o mais ...**

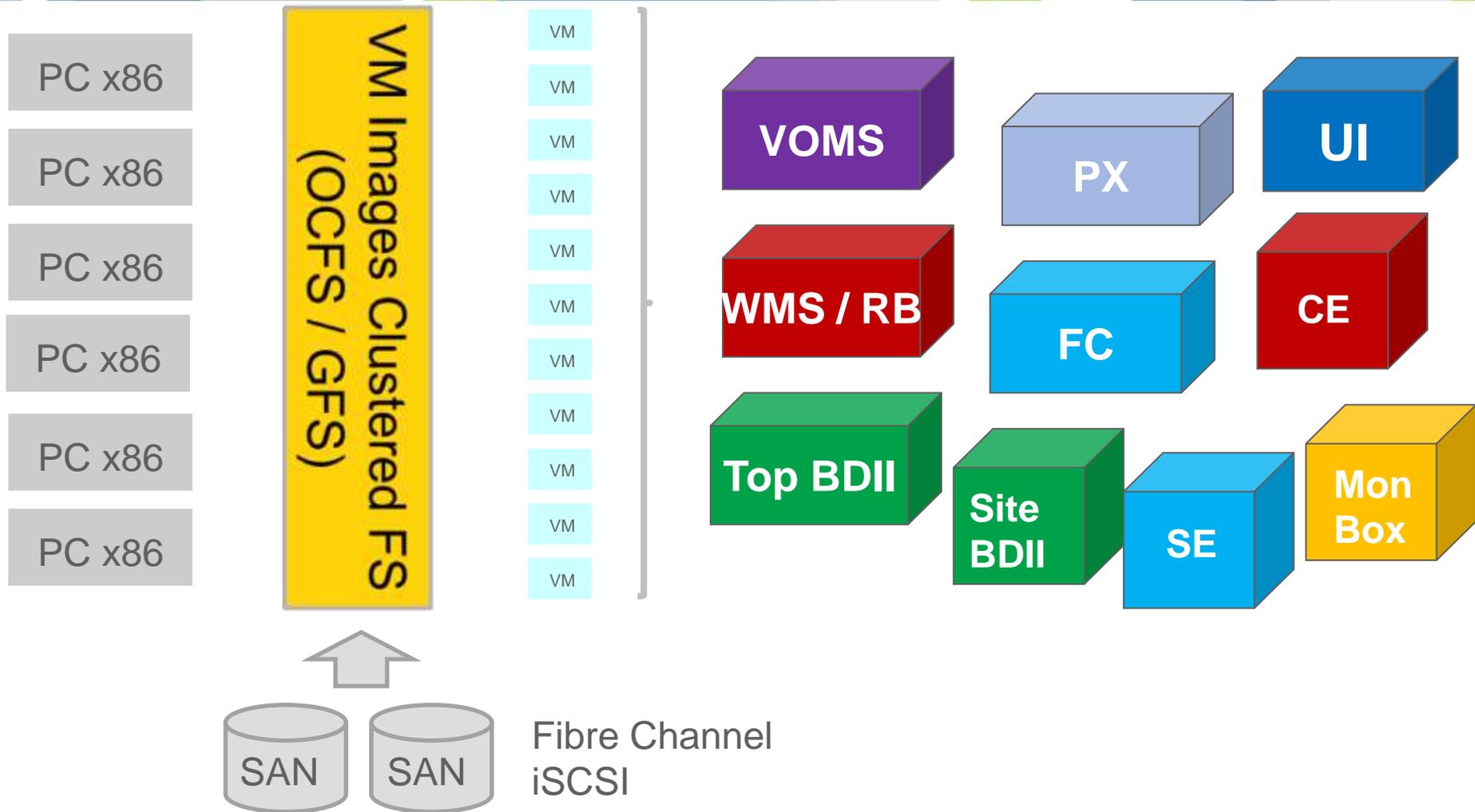


- Worker nodes virtuais são agora comuns em muitos centros
- Vantagens no upgrade e configuração
- Vantagens de encapsulamento e limites
- Migração de processos é possível
- I/O ainda é uma limitação



# Virtualização

## Serviços grid centrais e locais





# Virtualização

## Serviços grid centrais e locais

**A tendência para o cloud computing e portanto “natural” ...**

# Infraestruturas de computação distribuída na Europa



**EGEE**  
Enabling Grids  
for E-science

- 267 sites
- 55 countries
- 150,000 CPUs
- 28 PB online
- 41 PB offline
- 16,000 users
- 200 VOs
- 660,000 jobs/day

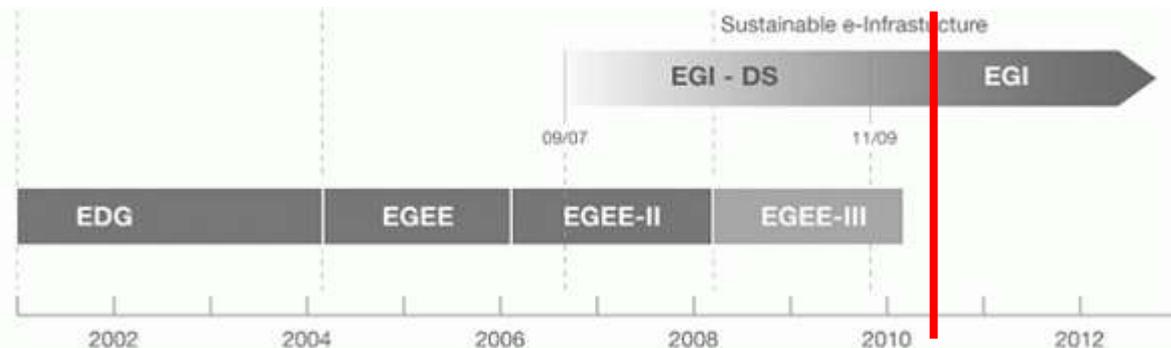
Archeology  
Astronomy  
Astrophysics  
Civil Protection  
Comp. Chemistry  
Earth Sciences  
Finance  
Fusion  
Geophysics  
High Energy Physics  
Life Sciences  
Multimedia  
Material Sciences  
...

**EGEE – Enabling Grids for E-science**  
Was the largest multidisciplinary grid  
Now being replaced by EGI-Inspire

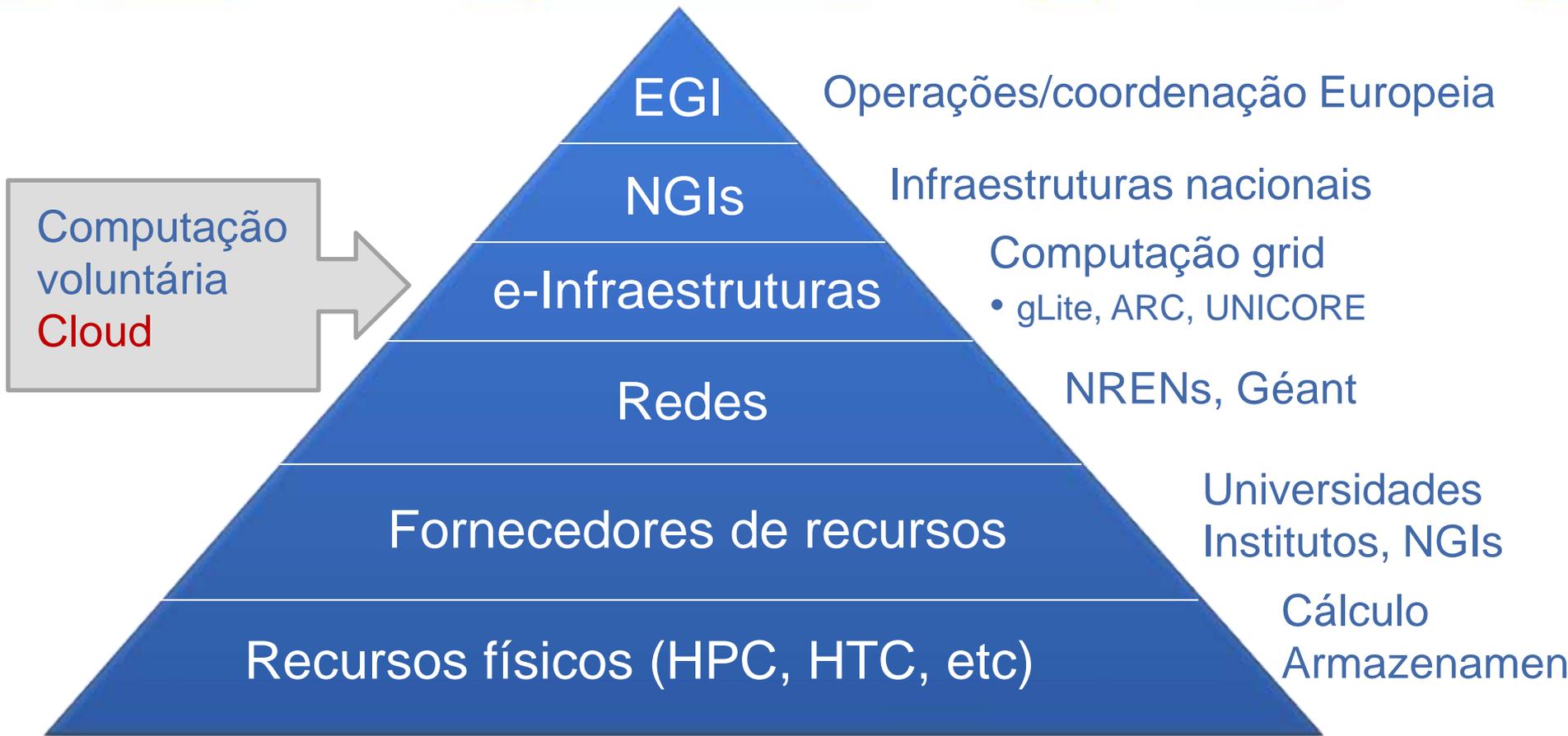



- **European Grid Initiative**
  - Grids para e-ciência
  - Sustentabilidade na Europa:
  - Novo modelo organizacional:
    - National Grid Initiatives (NGIs)
    - European Grid Initiative (EGI)
- **Sede do EGI estabelecida em Amesterdão**
- **Transição em curso**

## Sustentabilidade da infraestrutura grid Europeia



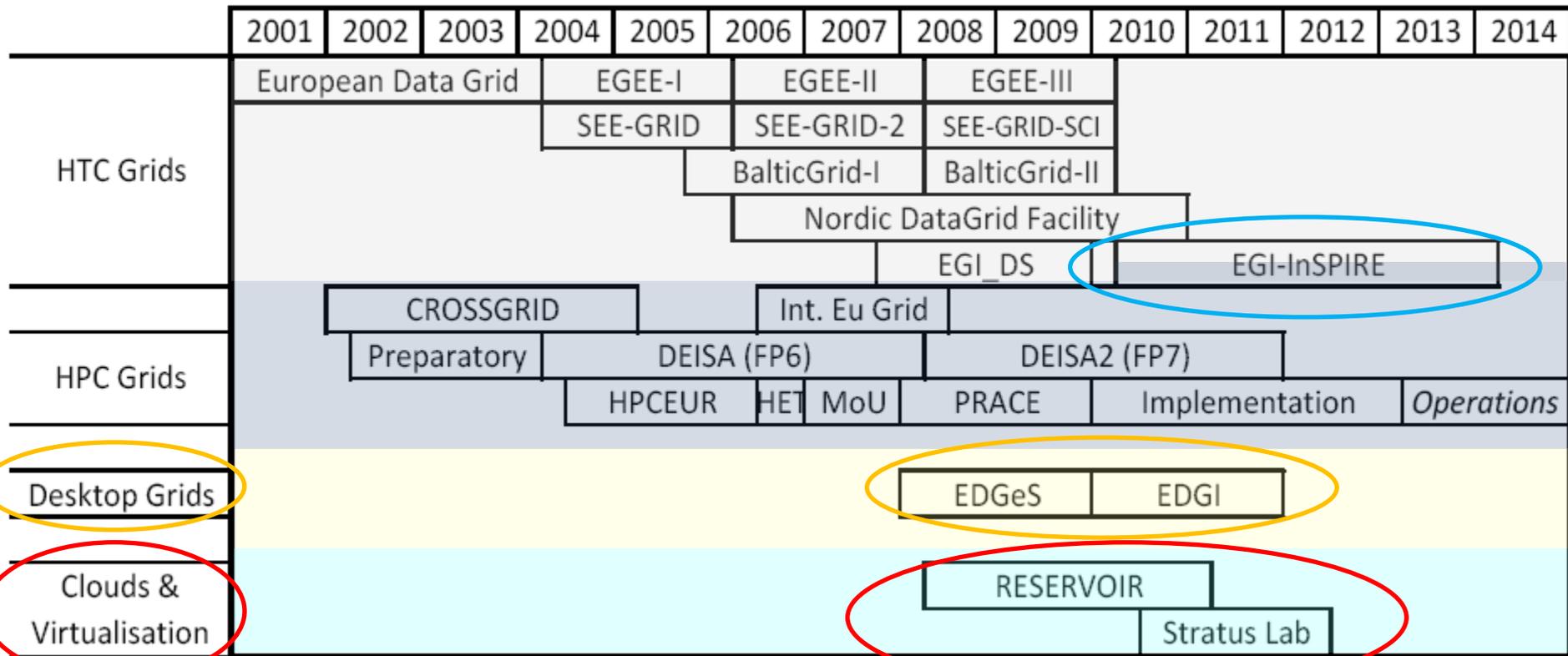
# Organização da computação distribuída para e-Ciência



Os NGIs não se limitam à computação grid → e-science



# Projectos Europeus FP5, FP6, FP7

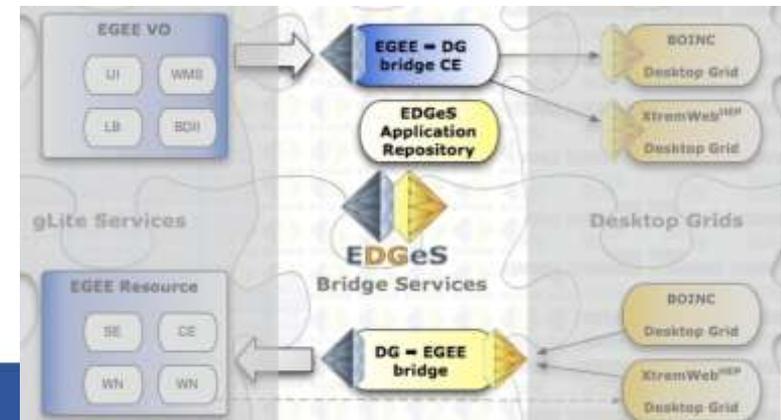




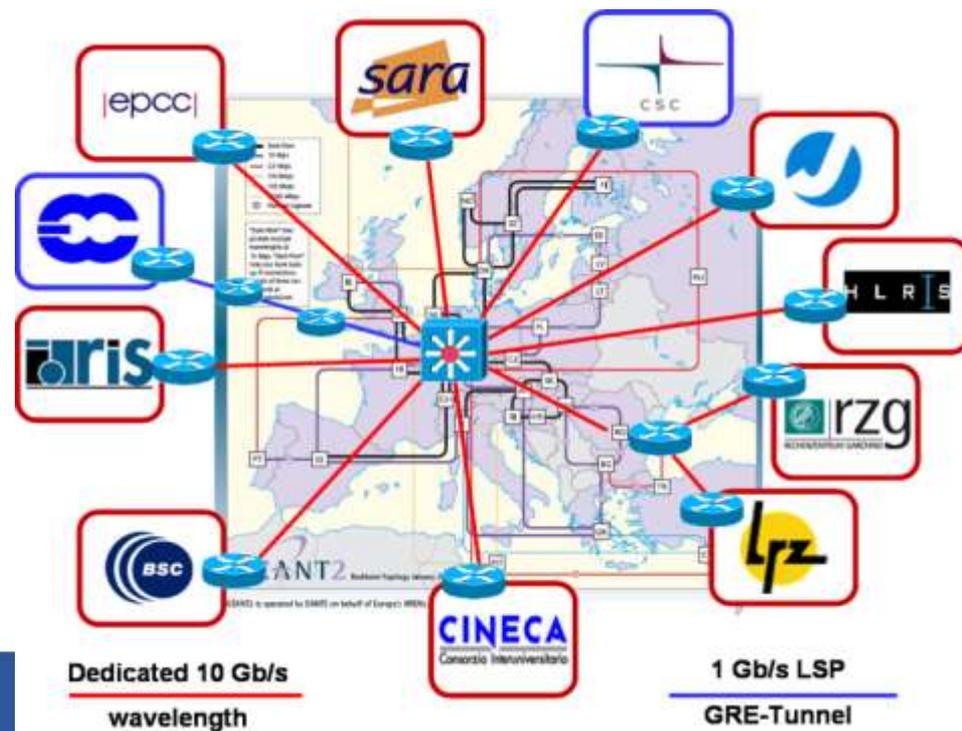
# European Grid Initiative

- *The 48 month EGI-InSPIRE (Integrated Sustainable Pan-European Infrastructure for Researchers in Europe) project ... will sustain support for Grids of high-performance and high-throughput computing resources, while seeking to integrate new Distributed Computing Infrastructures (DCIs), i.e. **Clouds**, SuperComputing, **Desktop Grids**, etc.*
- *Future technologies will include the integration of **cloud** resources (from either commercial or academic providers) into the production infrastructure offered to the European research community.*
- *Exploratory work to see how cloud computing technologies could be used to provision gLite services is already taking place within EGEE-III between the EC FP7 funded **RESERVOIR** project and the **StratusLab** collaboration.*

- A integração da computação voluntaria com a computação grid já está a acontecer:
  - O projecto EDGeS implementou pontes que permitem aos utilizadores explorar recursos BOINC, ExtremWeb e EGEE
  - Utilizadores BOINC ou ExtremWeb podem correr as suas aplicações em recursos de VOs do EGEE
  - Utilizadores de VOs do EGEE podem correr as suas aplicações em nós BOINC e ExtremWeb
  - Estas pontes permitem a integração de diversas infraestruturas de computação voluntaria
  - A orientação é no sentido de uma maior integração entre infraestruturas independentemente da sua natureza

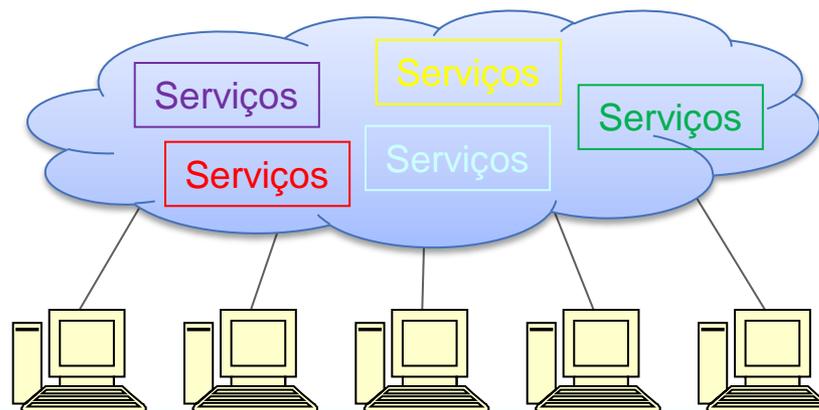


- O DEISA e o PRACE são os projectos Europeus para supercomputação
- A comunidade de supercomputação usa o middleware grid UNICORE
- O UNICORE faz agora parte do Unified Middleware Distribution (UMD) mantido pelo European Middleware Initiative
- A integração do UNICORE com outros stacks será melhorada
- É previsível a integração de recursos dos grandes centros de supercomputação no European Grid Initiative
- Já existem integrados diversos centros de recursos HPC sobretudo de media dimensão



- **Computação baseada na Internet**
  - Disponibilizar serviços computacionais através da Internet
  - Os utilizadores não precisam de saber dos detalhes tecnologicos da infraestrutura que está por detrás dos serviços
- O termo “cloud” é uma metáfora para a Internet

Muitas semelhanças com o grid computing



- **Nasceu no domínio comercial:**
  - Muitas motivações comerciais, marketing e expectativas
  - Amazon, Google, Microsoft, Rackspace, Salesforce, Zoho, ...
- **Mas também existe inovação e potencial**

A large blue downward-pointing arrow connects the top text box to the central box.

## Possíveis vantagens para e-ciência

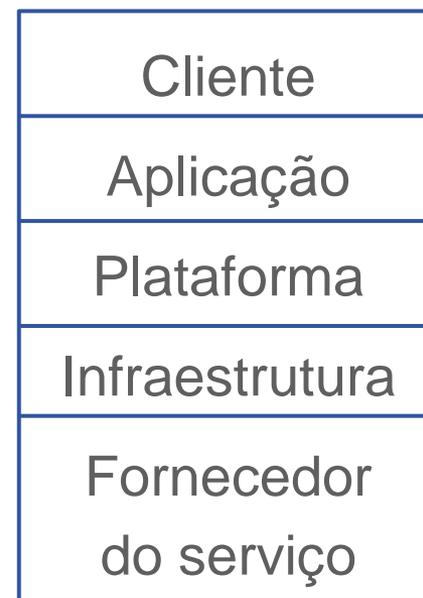
### Serviços “cloud”:

- Software as a service (SaaS)
- Platform as a service (PaaS)

- **Infrastructure as a service (IaaS)**



- Software as a service (SaaS)
  - Execução de aplicações através da Internet.
  - → Google docs, Facebook
- Platform as a service (PaaS)
  - Desenvolvimento de aplicações web sobre uma plataforma de software, com suporte para todo o ciclo de vida das aplicações.
  - Estas aplicações podem então ser executadas numa infraestrutura que suporte a mesma plataforma.
  - → Microsoft Azure
- Infrastructure as a service (IaaS)
  - Acesso a sistemas remotos (ex. máquinas virtuais).
  - → Amazon EC2, Rackspace Cloud





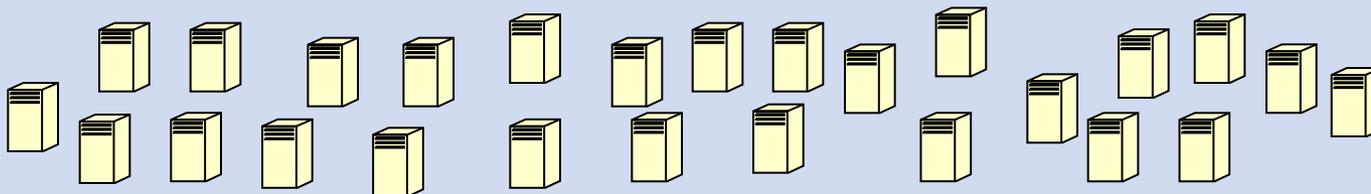
Utilizadores

Camada  
cliente

Serviços grid

Serviços Cloud

Camada de  
serviços



Camada  
grid

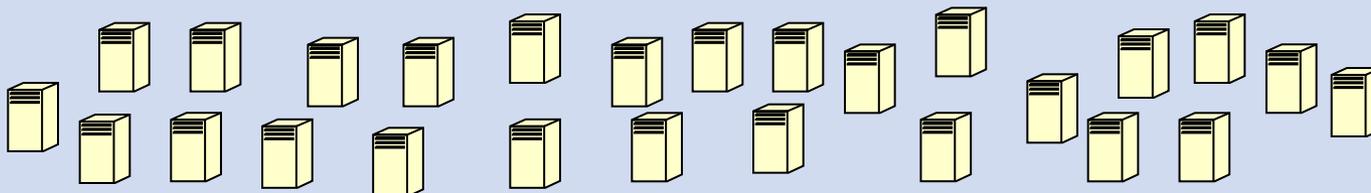
Utilizadores

Camada  
cliente

Serviços grid

Serviços Cloud

Camada de  
serviços



Camada  
grid



- **Disponibilizar um serviço mais genérico:**
  - Para os utilizadores que não se encaixam na computação grid
  - Mais flexibilidade e controlo para os utilizadores
  - Para suportar um maior leque de requisitos
  - Ex. Utilizadores que precisam de usar middlewares específicos
  - Eg. Utilizadores que precisam de ambientes de software específicos
  - Eg. Utilizadores que precisam de instanciar serviços não grid
  - Eg. Para aplicações antigas e para preservação de dados e processos
- **Atrair mais fornecedores de recursos académicos:**
  - Atrair comunidades que não se sintam recompensadas pela grid
  - Usar recursos livres em computadores não grid

- **Modelos económicos mais atractivos:**
  - Oportunidade para introduzir novos modelos
  - Recompensar quem disponibiliza recursos
  - Créditos pelos recursos disponibilizados
- **Maior flexibilidade e elasticidade das infraestruturas existentes:**
  - Elasticidade para os recursos das VOs
  - Acomodar picos de utilização
  - Mais recursos para as pequenas VOs
  - Optimizar os recursos existentes
  - Plataforma comum para múltiplos paradigmas

Utilizadores

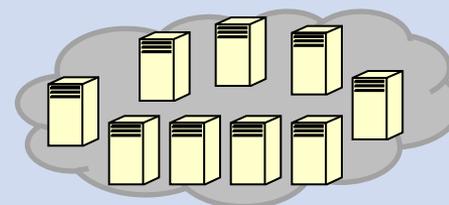
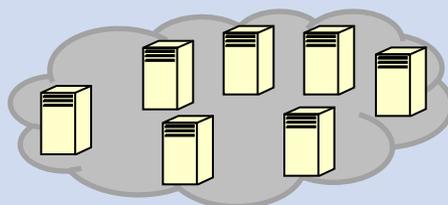
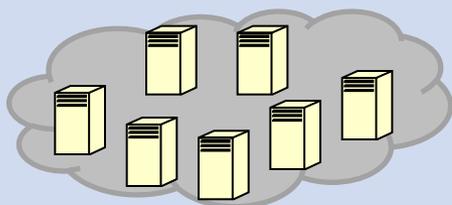
Camada cliente

Serviços grid

Serviços Cloud

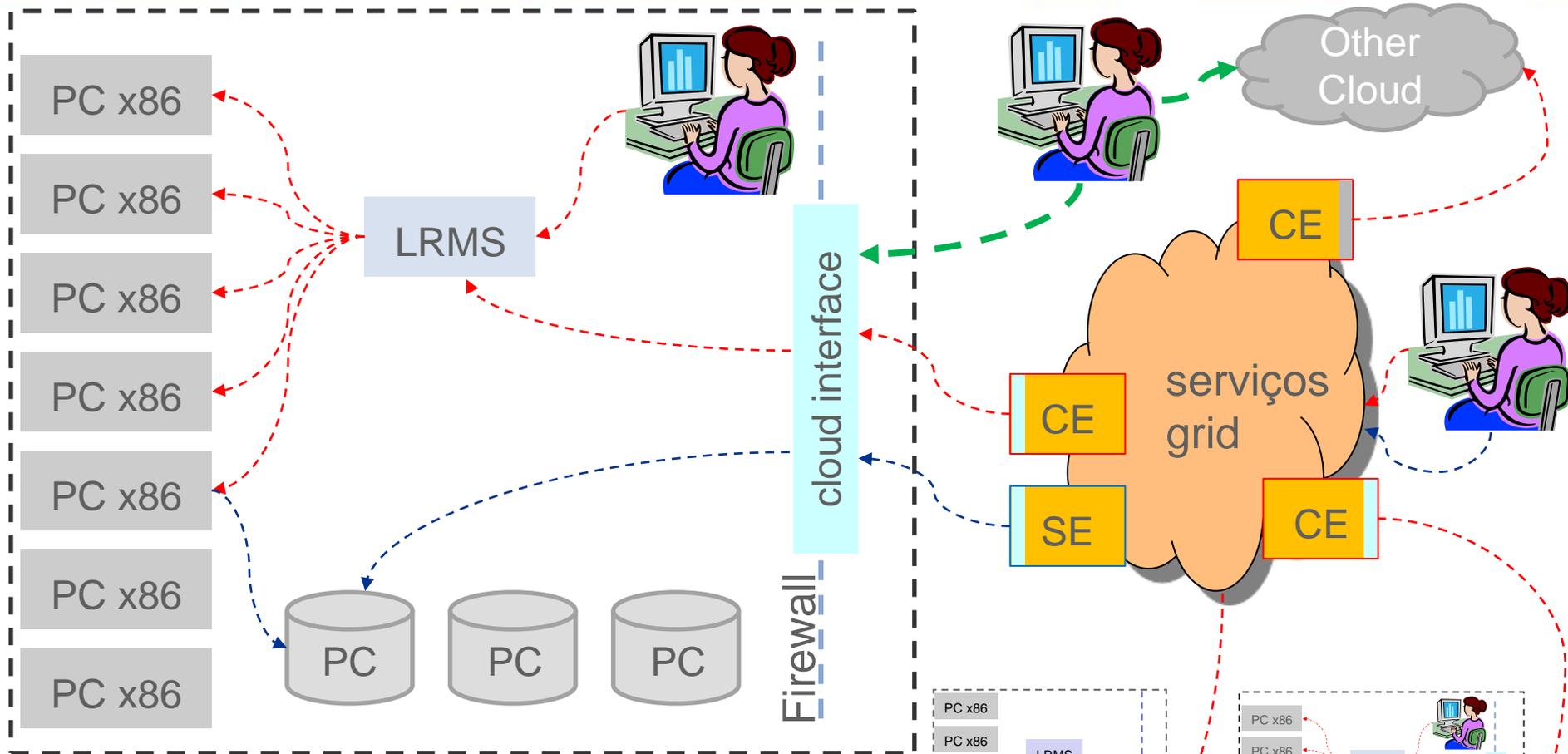
Camada de serviços

Camada de interface para a cloud

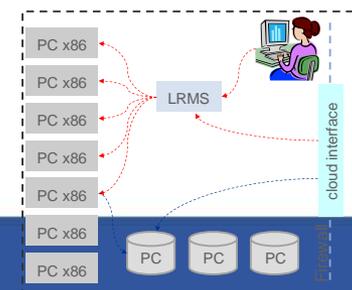
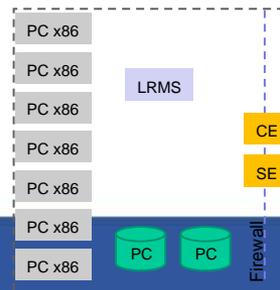


Camada cloud

- **Criar infraestruturas grid no topo de clouds:**
    - Mais dinâmico → pagar / instanciar apenas o necessário
    - Mais flexível → suportar grids específicas
    - Menor preocupação com os recursos e maior foco no serviço
    - Instalação mais fácil se existirem imagens pré-definidas
    - Alguns problemas ainda com requisitos de HPC
    - Recorrendo-se a fornecedores comerciais:
      - Infraestruturas mais fiáveis (?)
      - Demasiado dispendioso para cargas permanentes (?)
      - Requer análise cuidada dos custos / benefícios
    - Vantagem clara no caso clouds académicas ...
- Oferecer serviços cloud e grid com o mesmo hardware...



Eliminar a necessidade de serviços grid do site





# Clouds e Grids em Ciência

## Modelo comercial vs acadêmico

- **Em Ciência há mais factores a considerar:**
  - Existe financiamento para pagar serviços cloud comerciais ?
  - Existe financiamento para pagar o hardware ?
  - Existe financiamento para pagar os recursos humanos ?
  - Existe financiamento para pagar a manutenção ?
  - Existe financiamento para pagar a electricidade ?
  - Só temos financiamento significativo de quando em vez ...
  - Orçamentos são anuais, nunca se sabe o que vai acontecer no próximo ano
- **Modelo comercial requer:**
  - Estimativa cuidada dos custos
  - Financiamento sustentado



# Clouds e Grids em Ciência Amazon

- **Fornecedores comerciais oferecem tarifas complexas**
  - Amazon On-demand
  - Amazon Reserved
  - Amazon Spot Instances
- **Dentro de cada modelo existem características diferentes**
  - Amazon Standard → Small, Large, Extra Large
  - Amazon High CPU → Medium, Extra Large
  - Amazon Cluster → Quadrapole Extra Large
  - \$0.0045 / SpecInt 2006/h → 145.000€ / ano
- **Data transfer paga-se:**
  - \$0.09 / GB → 300Mb/s → 100.000€ / ano
- **Armazenamento paga-se:**
  - Elastic Block Store \$0.10 / GB / mês + \$0.10 por milhão de I/O
  - 200TB → 228.000€ / ano + I/O

Valores extrapolados para um cluster com a capacidade e uso similares ao LIP-Lx

(Valores revistos com últimos preços da Amazon)



# Clouds e Grids em Ciência

## Modelo comercial vs acadêmico

- **Em Ciência há mais factores a considerar (2):**
  - Caixa preta, não sabemos qual a arquitectura e escalabilidade das clouds comerciais
  - Desempenho em processamento intensivo de dados
  - Falta de standards (provider lock-in)
  - Baixa latência para aplicações paralelas
  - Privacidade, segurança e disponibilidade
  - Considerações legais
  - Largura de banda para conectividade académica
- **Sociologia:**
  - Os projectos e iniciativas de e-ciência académicas têm permitido estruturar as comunidades de investigação e promover a colaboração internacional



# Clouds e Grids em Ciência

## Modelo comercial vs acadêmico

- **Existem diversos modelos de utilização**
  - Clouds privadas
  - Clouds públicas
  - Clouds híbridas
- **Modelo público demasiado dispendioso para cargas constantes**
- **Modelo híbrido possível para acomodar eventuais picos de utilização**
- **Modelo privado não apresenta problemas de custos**
- **Clouds privadas poderão ser um bom modelo para a comunidade científica e acadêmica**

- **Convergência entre paradigmas e tecnologias grid, cloud, computação voluntária, supercomputação**
- **Muitas sinergias e vantagens na combinação do cloud em nas infraestruturas grid actuais:**
  - **Muitos dos blocos já existem**
  - **Diversos cenários demonstrados**
  - **Clouds são bastante atractivas para HTC**
  - **As preocupações manifestadas em relação às clouds não são diferentes das relacionadas com a computação grid**
  - **Boas motivações para a integração de tecnologia de cloud computing nas infraestruturas existentes**