Uma trajetória de pesquisa em engenharia de dados para aplicações em larga escala

Autor: Vítor Silva PESC • COPPE • UFRJ

Orientadores: Marta Mattoso PESC • COPPE • UFRJ
Daniel de Oliveira IC • UFF
Patrick Valduriez INRIA • LIRMM

COPPE UFRJ

PESC Programa de Engenharia de Sistemas e Computação

Vítor Silva

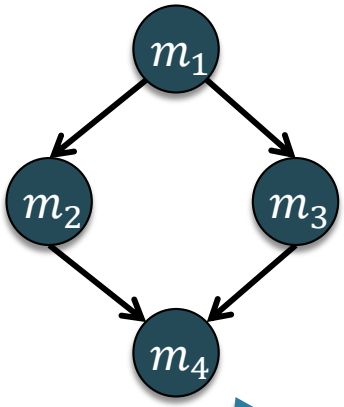
- **Engenheiro de Computação e Informação pela UFRJ**
  - Iniciação Científica com a Profa. Marta desde o primeiro período
- **Mestre e Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ**
- ***Senior Engineering Technologist* na Dell EMC**
- ***Research Engineer* na Snap Inc.**

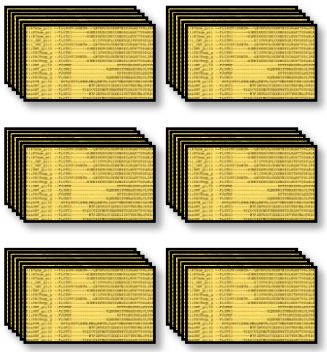
Cenário de Ciência Computacional e Engenharia (CSE) em **Larga Escala**

Simulações computacionais

Ambientes de PAD

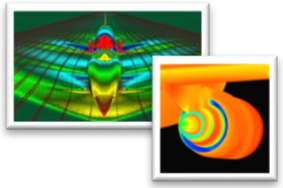
Análise de dados ad-hoc em tempo de execução





Hipótese científica

Parâmetros de entrada



Dados intermediários ou resultados finais

Cenário de Ciência Computacional e Engenharia (CSE)

Simulações computacionais

Ambientes de PAD

Análise de dados em tempo de execução

Análise não se resume ao resultado final

- ✓ Analisar parâmetros da simulação e dados intermediários
- ✓ Relacionar dados de diferentes etapas da simulação
- ✓ Realizar ajustes ou mesmo interromper a simulação

Dados intermediários ou resultados finais

Análise de dados científicos

- **Processo ad-hoc e manual**
  - Desenvolvimento de script para cada análise de interesse
- **Diferentes tipos de consultas:**
  - Conteúdo de **um arquivo específico** da simulação
  - Relações de dependência entre **múltiplos arquivos relacionados** pelos programas de simulação
    - Fluxo de arquivos
  - **Elementos de dados relacionados** a partir de múltiplos arquivos
    - Fluxo de elementos de dados

Alternativas existentes

- **Análise de dados científicos** (e.g., FastBit, AQUAdex, PostgresRaw)
  - Análise *post-mortem* de arquivos de dados "isolados" (sem proveniência)
- **SGWfC** (e.g., Pegasus)
  - Análise via captura de dados de proveniência
  - Conflito com o paralelismo em aplicações de CSE
- **Alternativas baseadas em proveniência** (e.g., noWorkflow, RDataTracker)
  - Análise via captura de dados de proveniência em granularidade fina
  - Sobrecarga no desempenho computacional

Alternativas existentes

Nenhuma das alternativas permite...

- a **análise de dados de arquivos durante a execução da simulação; e**
- a **extração/indexação de dados científicos**

Problema geral da tese

Como acompanhar a execução de simulações computacionais em larga escala?

- **Desafios**
  - Como transformar os dados de simulação em dados passíveis de serem consultados em tempo de execução?
  - Como relacionar dados gerados em etapas distintas da simulação?
  - Como não interferir no desempenho da simulação?

Hipótese

Ao prover **uma visão global dos dados**

com seus relacionamentos gerados na

simulação computacional,

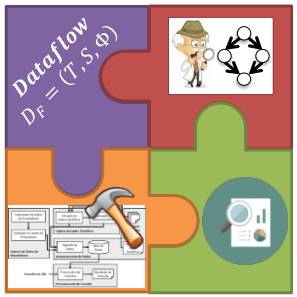
a análise de dados científicos sobre múltiplos arquivos

pode ser realizada

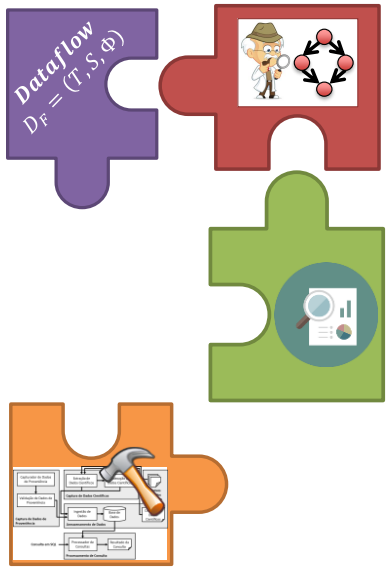
durante a execução das simulações

Solução para o **problema geral** da tese

Como acompanhar a execução de simulações computacionais em larga escala?



- **Desafios**
  - Como transformar os dados de simulação em <u>dados passíveis de serem consultados</u> em tempo de execução?
  - Como <u>relacionar dados</u> gerados em etapas distintas da simulação?
  - Como <u>não interferir no desempenho</u> da simulação?

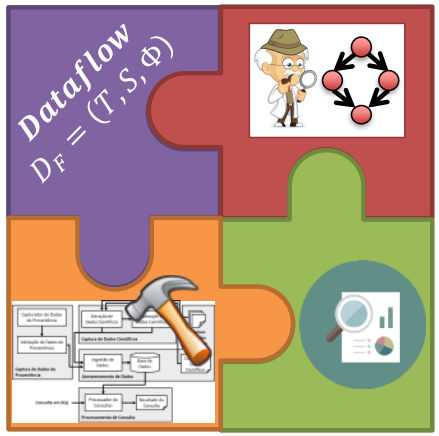


Solução proposta

Abstração de fluxo de dados
- Nível físico e lógico

Modelo de dados de proveniência compatível com W3C PROV

Metodologia para identificar o fluxo de dados em simulações



Arquitetura baseada em componentes
- A-Chiron (SGWfC)
- DfAnalyzer (sobrecarga desprezível)

Extração/indexação de dados e consulta ao fluxo de dados em tempo de execução

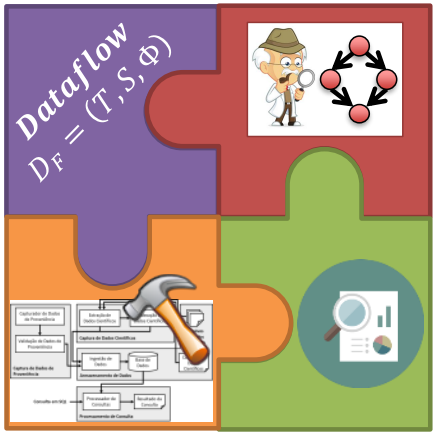
Solução proposta aos problemas

Abstração de fluxo de dados
- Nível físico e lógico

Modelo de dados de proveniência compatível com W3C PROV

Metodologia para identificar o fluxo de dados em simulações

Como transformar os dados de simulação em dados passíveis de serem consultados em tempo de execução?



Como transformar os dados de simulação em dados passíveis de serem consultados em tempo de execução?

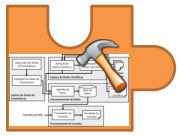
Como não interferir no desempenho da simulação?

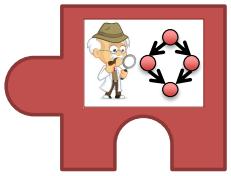
Como relacionar dados gerados em etapas distintas da simulação

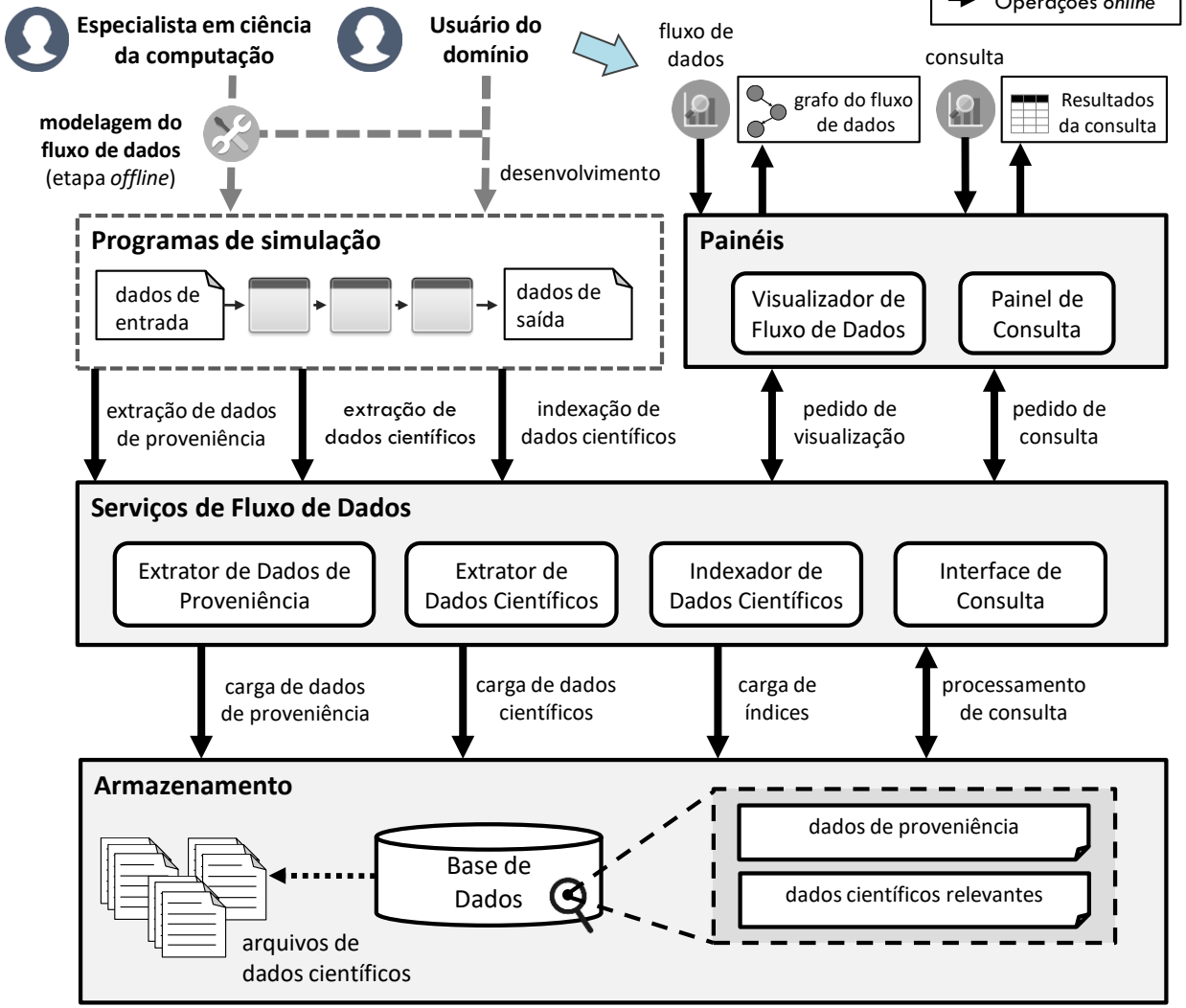
Arquitetura baseada em componentes
- A-Chiron (SGWfC)
- DfAnalyzer (sobrecarga desprezível)

Extração/indexação de dados e consulta ao fluxo de dados em tempo de execução

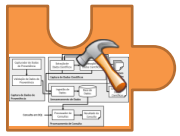
DfAnalyzer: biblioteca de componentes

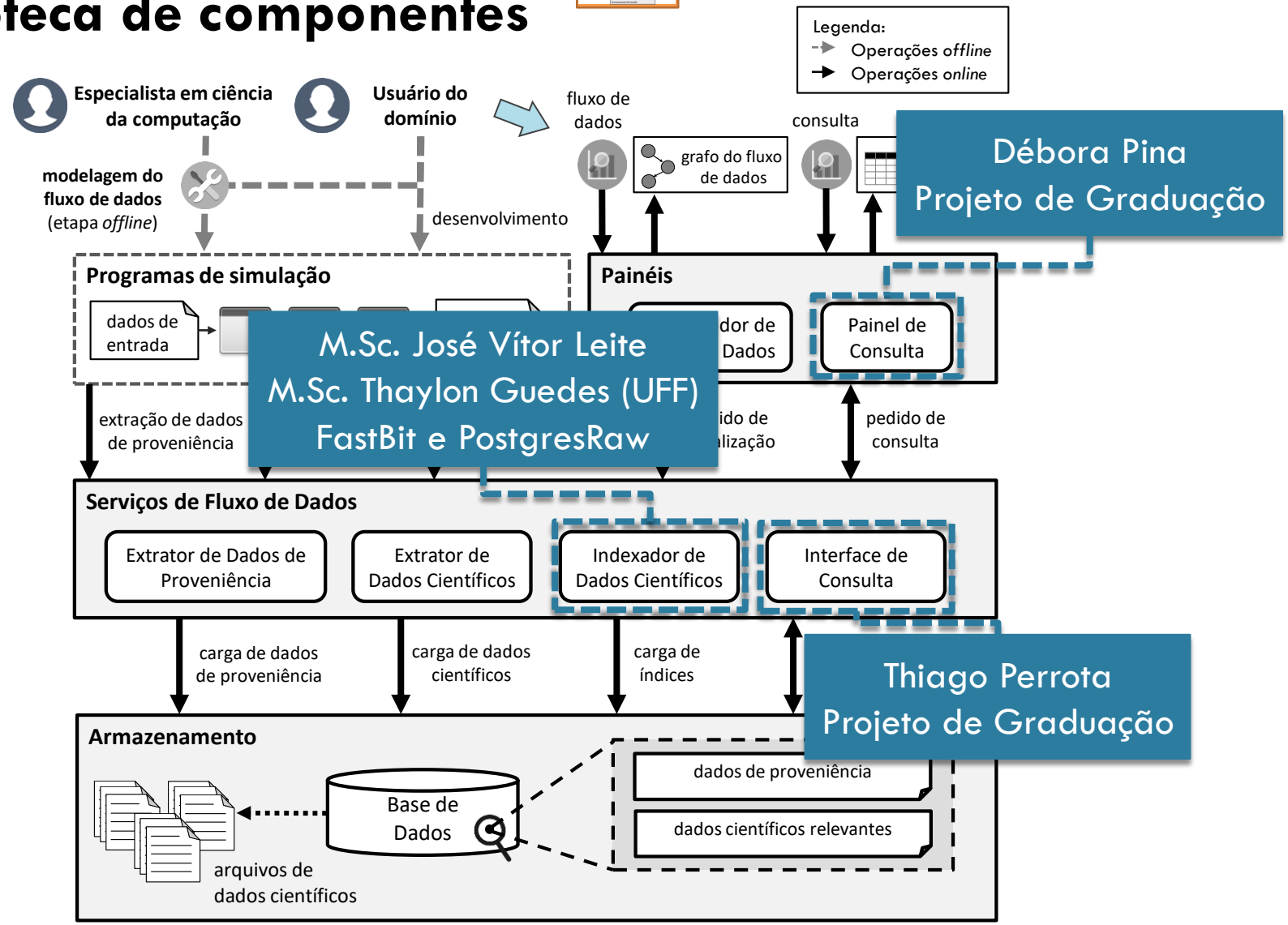






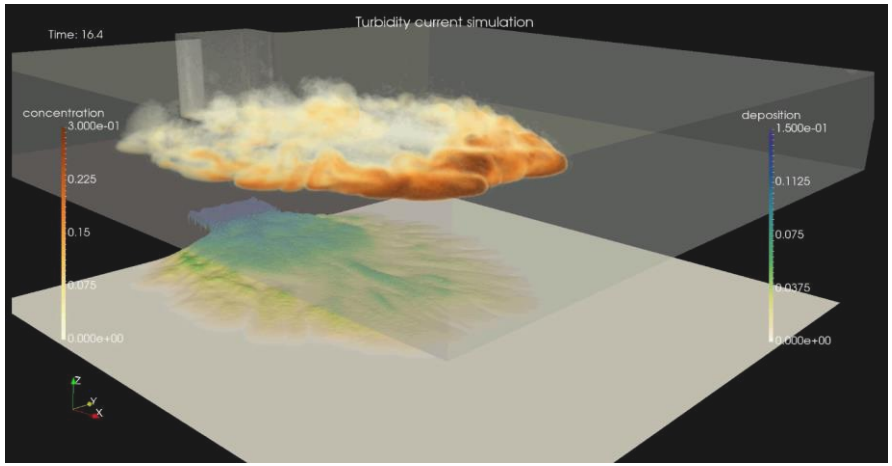
DfAnalyzer: biblioteca de componentes

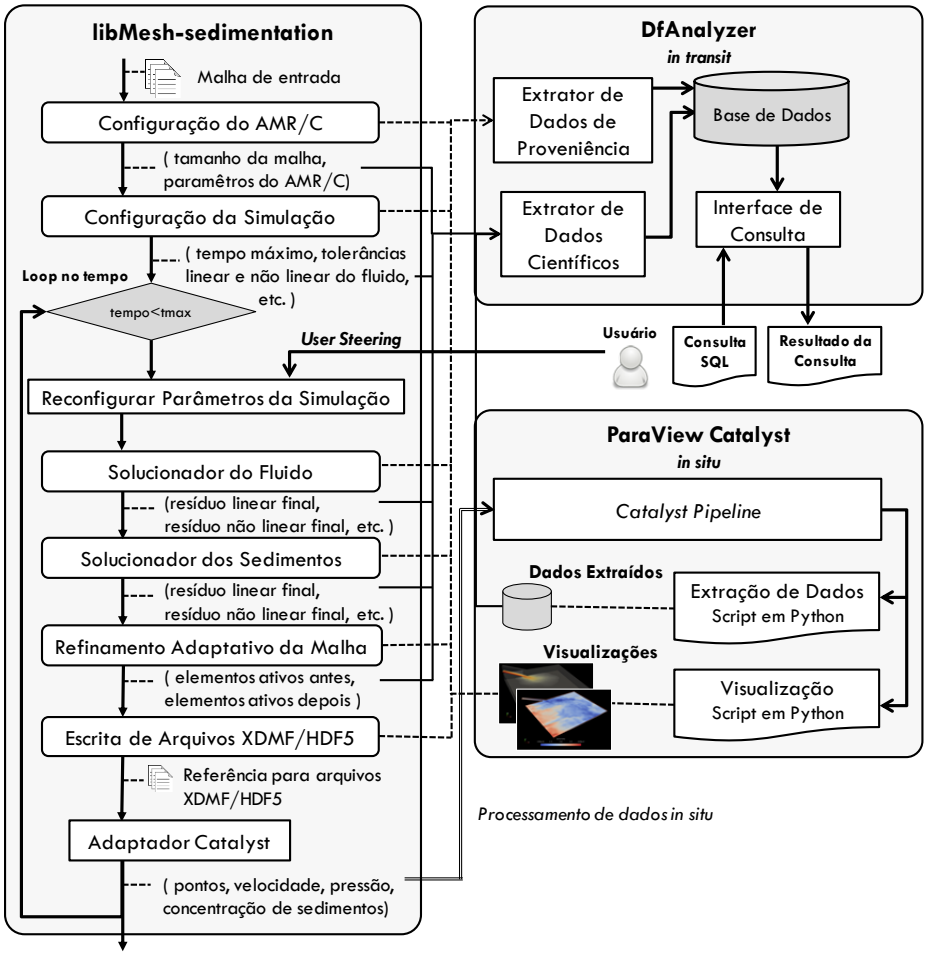




Estudo de caso em correntes turbidíticas usando a DfAnalyzer

- **libMesh-sedimentation**
  - Tanque real de batimetria
    - Milhões de pontos nas malhas
  - Uso do LoboC (480 cores)





libMesh-sedimentation com DfAnalyzer

Contribuição em termos de tempo	Tempo de execução (em segundos)	Tempo de execução (%)
Solucionador do Fluido	75.523,49	50,71%
Solucionador do Sedimento	28.000,50	19,58%
Escrita de dados em arquivos XDMF/HDF5	421,23	0,29%
Extração e visualização de dados *in situ*	2.175,16	1,52%
Proveniência (DfAnalyzer)	451,70	0,32%
Total	143.029,00	

Tempo de execução

Sobrecarga desprezível da DfAnalyzer para a captura de dados

Tempo de execução
Simulação: 39,73 horas
DfA: 7,53 minutos

Armazenamento de dados

Visão apenas dos dados relevantes para o desenvolvedor da aplicação

Tipo de dados	Espaço de armazenamento (em GB)	Dados científicos (%)
Arquivos de visualização	0,28	1,21%
Proveniência (DfAnalyzer)	0,38	1,60%
Dados científicos armazenados em arquivos XDMF/HDF5	23,44	-

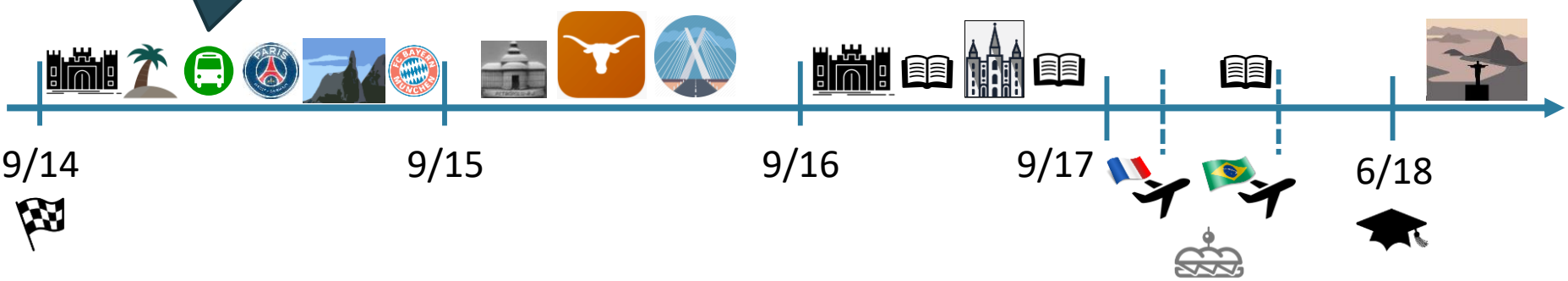
Conclusões

- **Validação da hipótese da tese**
  - Com a visão global dos dados da simulação,
    a análise de dados científicos sobre múltiplos arquivos
    pode ser realizada em tempo de execução

- **Resultados experimentais com a solução desenvolvida**
  - Interferência desprezível no desempenho da simulação (< 2%)
  - Análises de dados em múltiplos arquivos em tempo de execução
  - Adaptações em parâmetros da simulação durante a execução
  - Confiabilidade dos dados a partir das consultas

Trajetória: Publicações selecionadas

Silva, V.; Oliveira, D.; Mattoso, M.
SciCumulus 2.0: Um Sistema de Gerência de Workflows Científicos para Nuvens Orientado a Fluxo de Dados
SBBD, 2014, Curitiba



Trajetória: Publicações selecionadas

Silva, V.; Oliveira, D.; Mattoso, M.
Exploratory Analysis of Raw Data Files through Dataflows
SBAC/PAD Workshop, 2014, Paris. 2014. p. 114

Trajetória: Publicações selecionadas

Oliveira, D.; Silva, V.; Mattoso, M.
How much domain data should be in provenance databases?
TaPP, 2015, Edinburgh

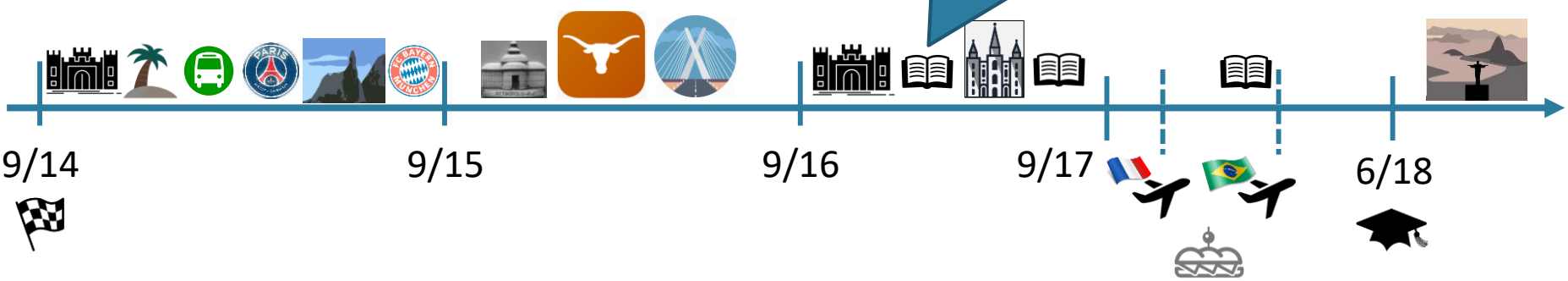
Trajetória: Publicações selecionadas

Silva, V.; Oliveira, D.; Valduriez, P.; Mattoso, M.

Analyzing related raw data files

through dataflow

CCPE, v. 28, p. 2528-2545, 2016

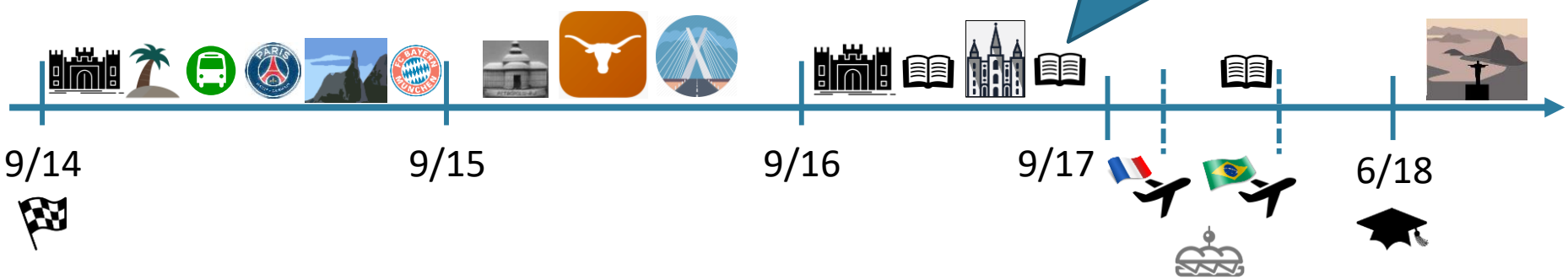


Trajetória: Publicações selecionadas

Silva, V.; Leite, J.; Camata, J.; Oliveira, D.; Coutinho, A.; Valduriez, P.; Mattoso, M.

Raw data queries during data-intensive parallel workflow execution

FGCS, 2017, v. 75, p. 402-422



Trajetória: Publicações selecionadas

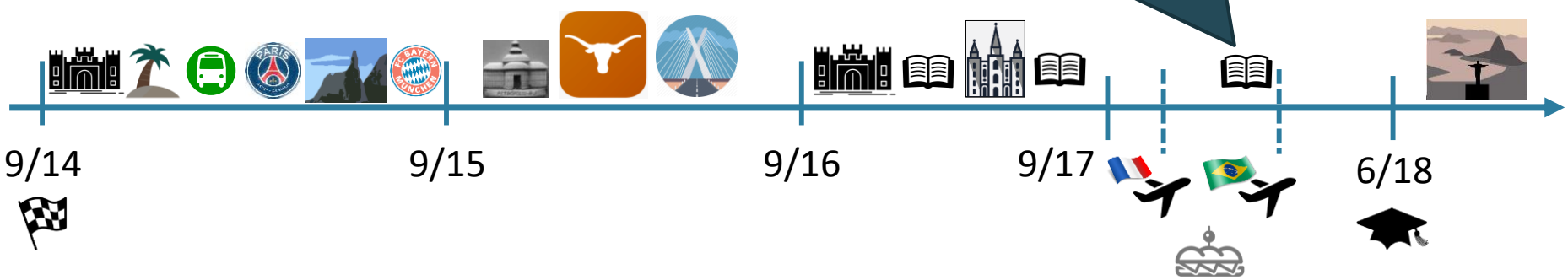
Camata, J.; Silva, V.; Valduriez, P.; Mattoso, M.; Coutinho, A.

In situ visualization and data analysis

for turbidity currents simulation

Computers & Geosciences, 2018,

v. 110, p. 23-31

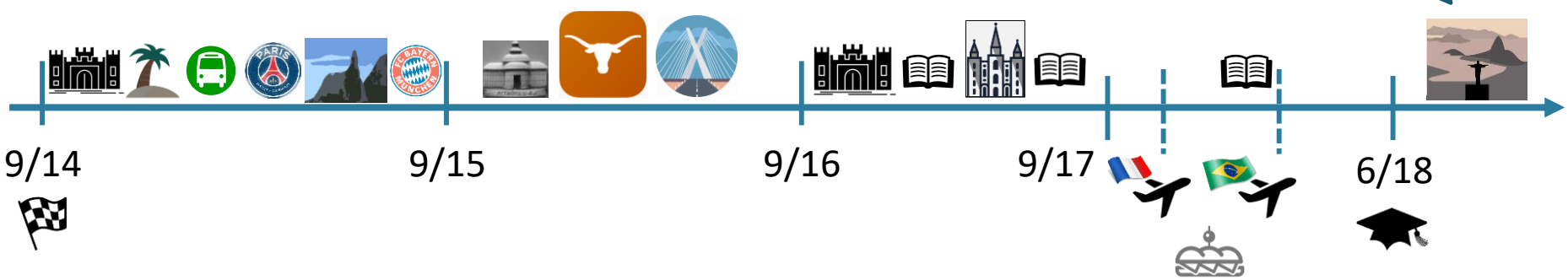


Trajetória: Publicações selecionadas

Silva, V.; Oliveira, D.; Valduriez, P.; Mattoso, M.

DfAnalyzer: Runtime Dataflow Analysis of Scientific Applications using Provenance

VLDB Endowment, 2018



Trajetória: Premiação

Agradecimentos

NACAD
High Performance Computing Center

HPC-e

intel

Instituto de Computação

RNP

Inria
INVENTEURS DU MONDE NUMÉRIQUE

FAPERJ
Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro

CNPq
Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico

CAPES

Obrigado!

Uma trajetória de pesquisa em engenharia de dados para aplicações em larga escala

Autor: Vítor Silva PESC • COPPE • UFRJ

Orientadores: Marta Mattoso PESC • COPPE • UFRJ

Daniel de Oliveira IC • UFF

Patrick Valduriez INRIA • LIRMM

COPPE UFRJ

PESC Programa de Engenharia de Sistemas e Computação