




Apresentação
PHA 3337
2/2017

Fundação Centro
Tecnológico de Hidráulica

Laboratório de Sistemas
de Suporte a Decisões

Universidade de São Paulo



Modelo Matemático para Planos e Projetos de Drenagem

Modelo PCSWMM

Me. Cristiano de Pádua Milagres Oliveira
Ma. Carla Voltarelli Franco da Silva
Prof. Dr. Joaquin Ignácio Bonnacarrère

Drenagem Urbana



Infraestrutura Urbana



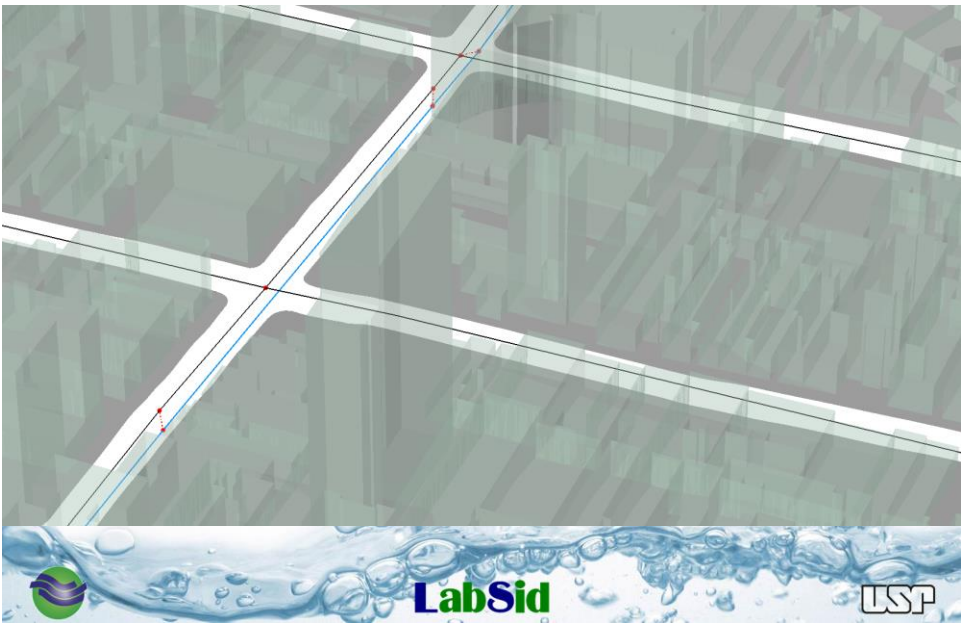
Fonte: www.portomaravilha.com.br



Rede de Drenagem



Rede de Drenagem



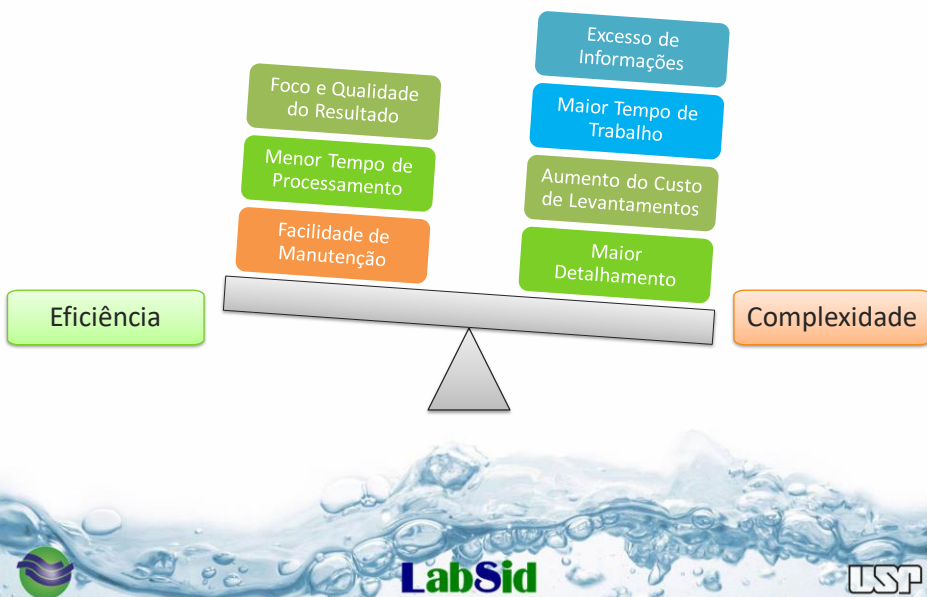
Sistemas Computacionais



Modelos Usuais



Escolha do Modelo



Modelo SWMM



Sobre o SWMM

SWMM - Storm Water Management Model

- Modelo chuva-vazão voltado para a gestão de águas pluviais
- Simulação dinâmica da quantidade e qualidade de água, principalmente em áreas urbanas
- Eventos isolados ou simulação contínua de longo prazo
- Desenvolvido pela EPA (*Environmental Protection Agency*) – Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
- Aprovado pela FEMA (*Federal Emergency Management Agency*) – Agência Federal de Gerenciamento de Emergências dos Estados Unidos
- Código aberto



Histórico - SWMM

- 1969: SWMM 1 (UF, CDM, M&E)
- 1975: SWMM 2 (UF)
- 1981: SWMM 3 (UF, CDM)
- 1988: SWMM 4 (UF, CDM, OSU)
- 2001: SWMM 5 (EPA, CDM)
- 2004: SWMM 5.0.001 (EPA, CDM)
- 2005: SWMM 5.0.005 (EPA, CDM)
- 2010: SWMM 5.0.019 (EPA)
- 2011: SWMM 5.0.022 (EPA)



Várias interfaces, mesmo motor



Sistema para modelos Exemplo PCSWMM

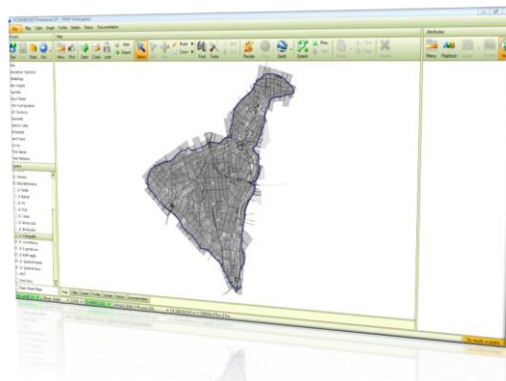


PCSWMM

- **Interface Gráfica de Modelagem**
 - Desenvolvido comercialmente pela CHI Water (Canadá)
 - Mecanismo de cálculo oficial do US EPA SWMM 5.0.022
 - Mecanismo SIG
 - Padrões abertos
 - Autônomo

- **Uso Comprovado**
 - > 30 anos
 - > 70 países
 - > 3.000 clientes
 - > 10.000 projetos

- **Aplicação SIURB/PMSP**
 - Bacias prioritárias
 - Manchas de Inundação em Tempo Real
 - Cursos técnicos



Modelos Integrados

- **Hidrológico**
 - Transformação Chuva-Vazão
 - Postos Telemétricos
 - Radar Meteorológico
 - Água Subterrânea
- **Hidráulico**
 - Canais e Condutos
 - Abertos
 - Fechados
 - Rede Dupla
 - Superficial
 - Subterrânea
 - Estruturas
 - Reservatórios/Piscinões
 - Vertedores/Orifícios
 - Simulação de Manobras
 - Comportas
 - Bombas
- **Qualidade da Água**
 - Multiparâmetros
 - Cargas Pontuais
 - Cargas Difusas
- **Dispositivos de Baixo Impacto (LID)**
- **Simulação**
 - Evento
 - Contínuo
 - Tempo Real



Modelos Hidrológico-Hidráulico



Representação Física

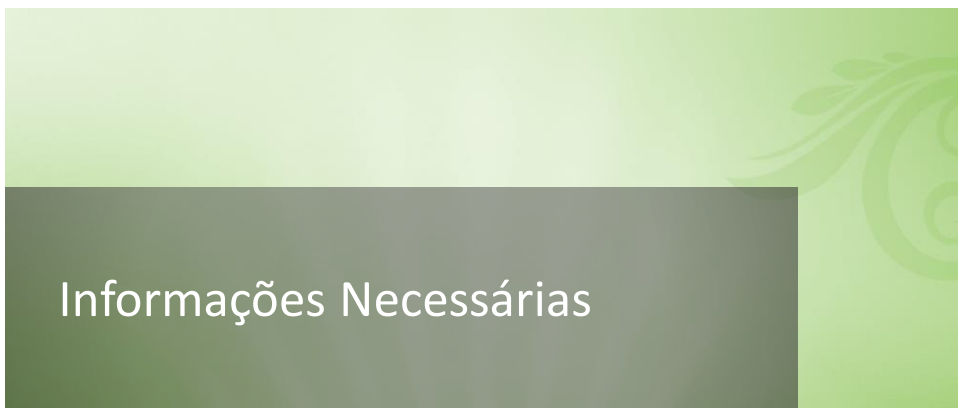




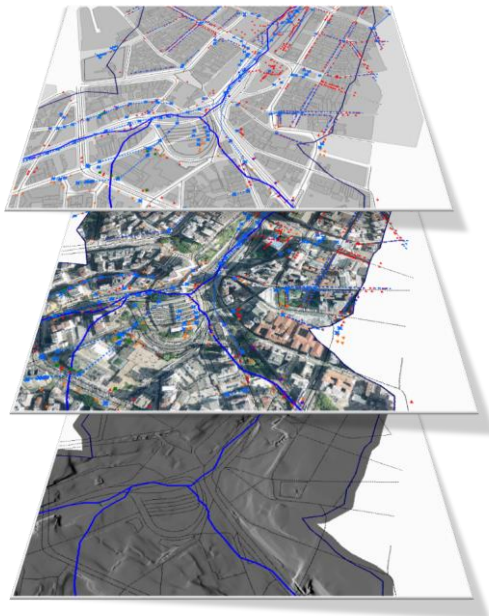




Fonte: CHI



Camadas Geográficas



- Edificações
- Quadras
 - Prediais
 - Viárias
- Curvas de Nível
- Pontos Cotados
- Logradouros
- Hidrografia
- Ortofotos
- Drenagem
 - Redes
 - Ramais
 - PVs
 - Nós
 - Caixas
 - Bocas de Lobo
 - Bocas de Leão

Modelo Digital de Elevação

MDE

Curvas de Nível

Pontos Cotados

Hidrografias
Margem Simples

Hidrografias
Margens Duplas

Arruamentos

Edificações

Topobatimetria

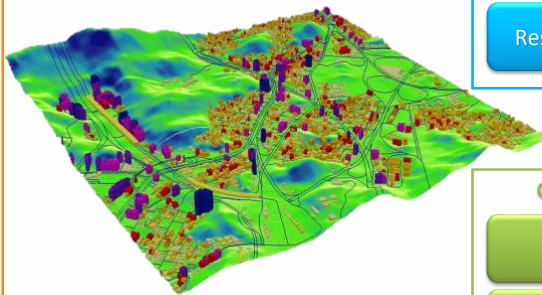
Canais

Reservatórios

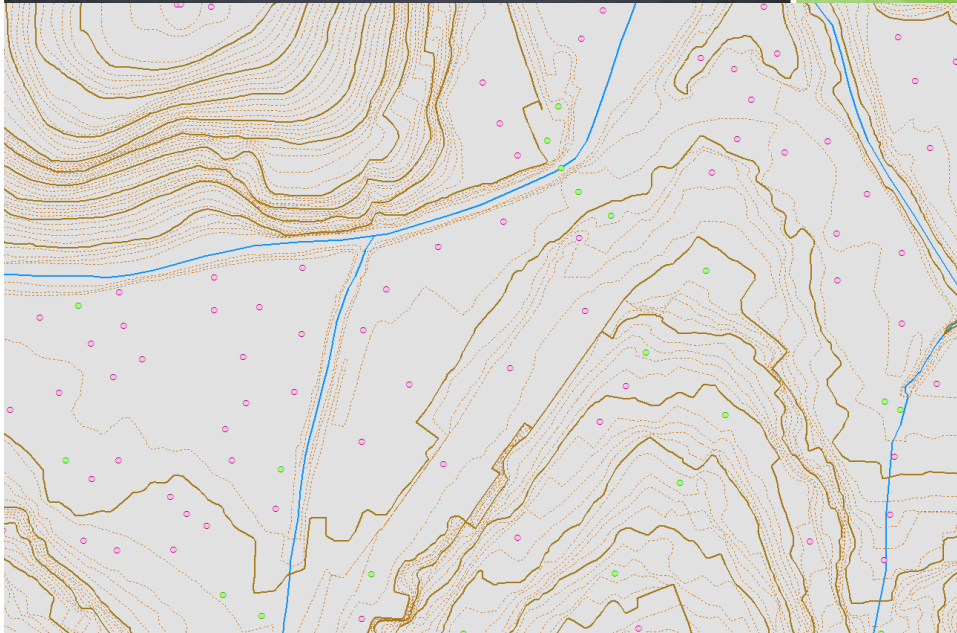
Cadastro

Galerias

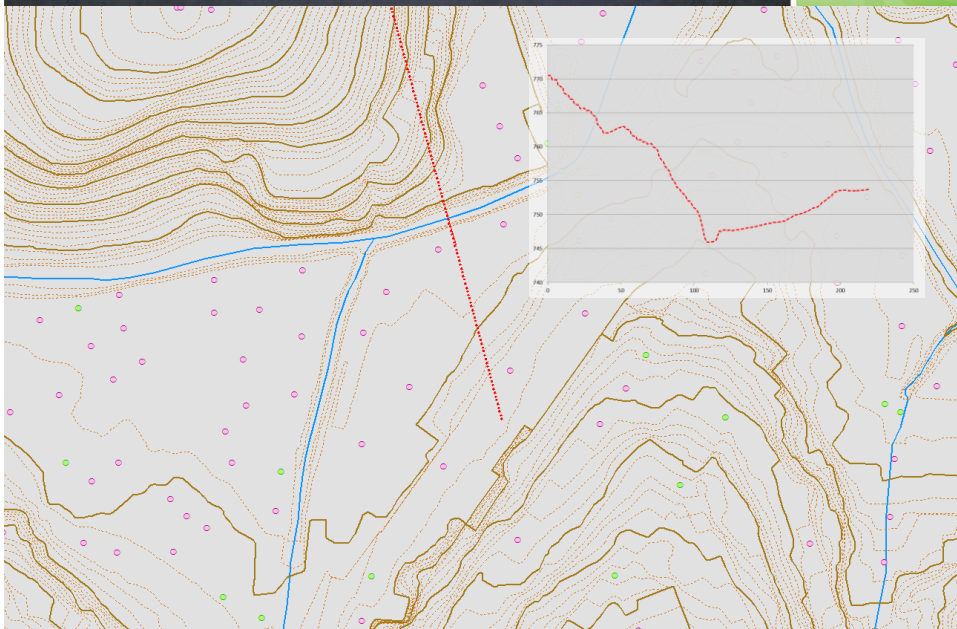
Pontes



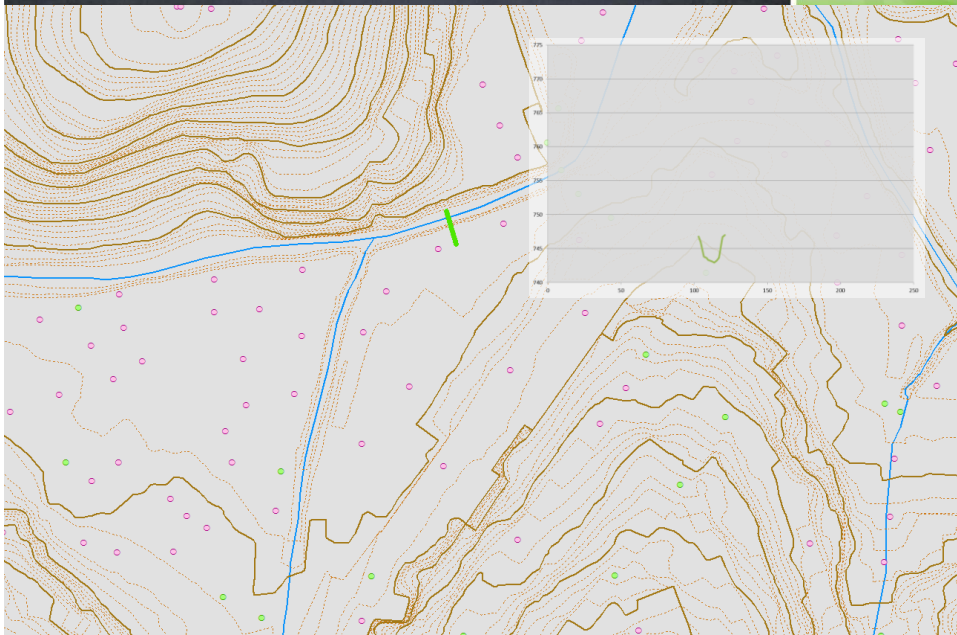
Datos topográficos



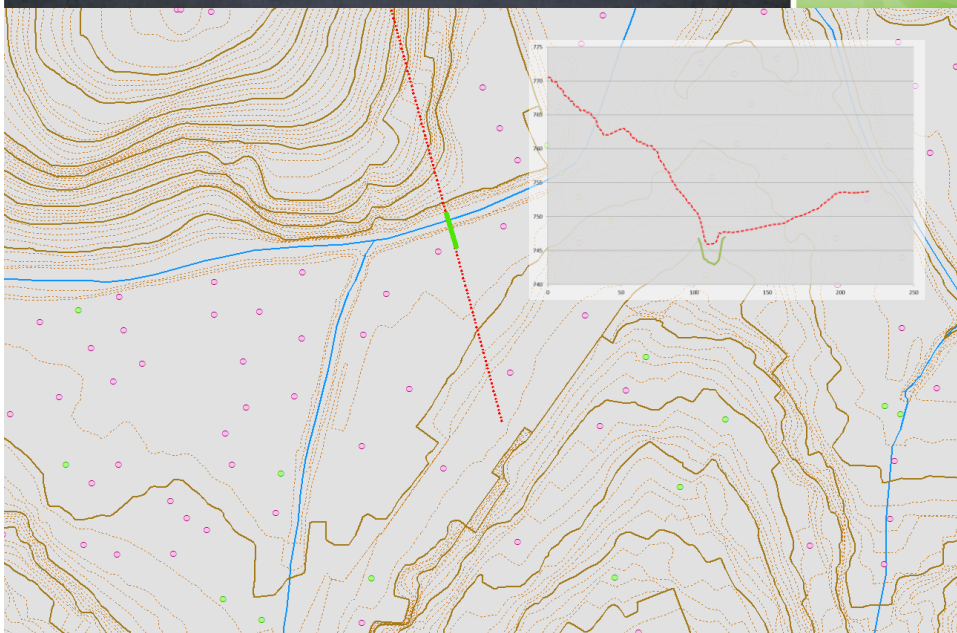
Datos topográficos




Datos topográficos



Datos topográficos



Precipitação



LabSid USP



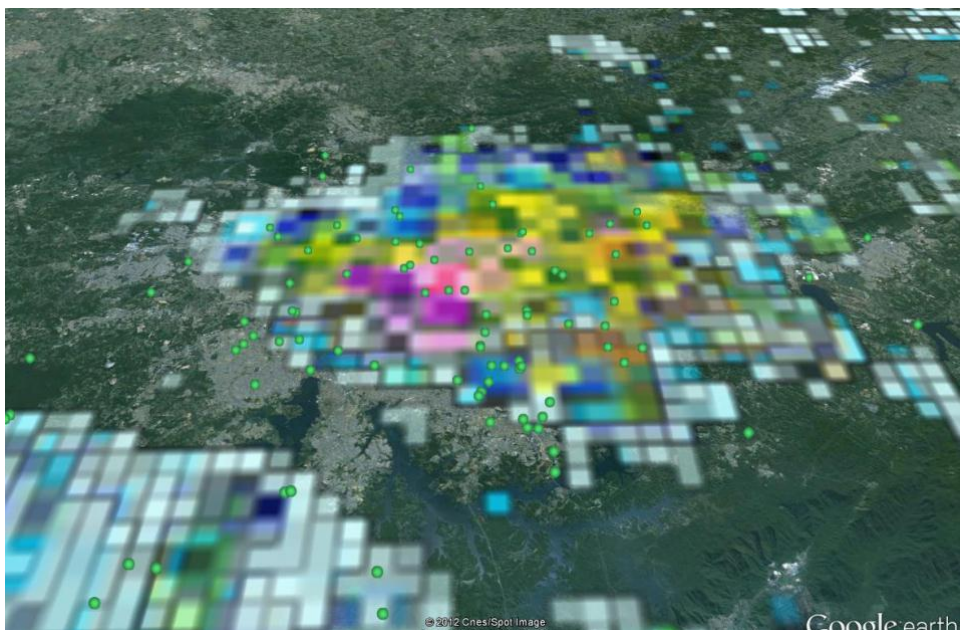
© 2012 Cnes/Spot Image
Data SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO

Google earth

Radar Meteorológico SAISP

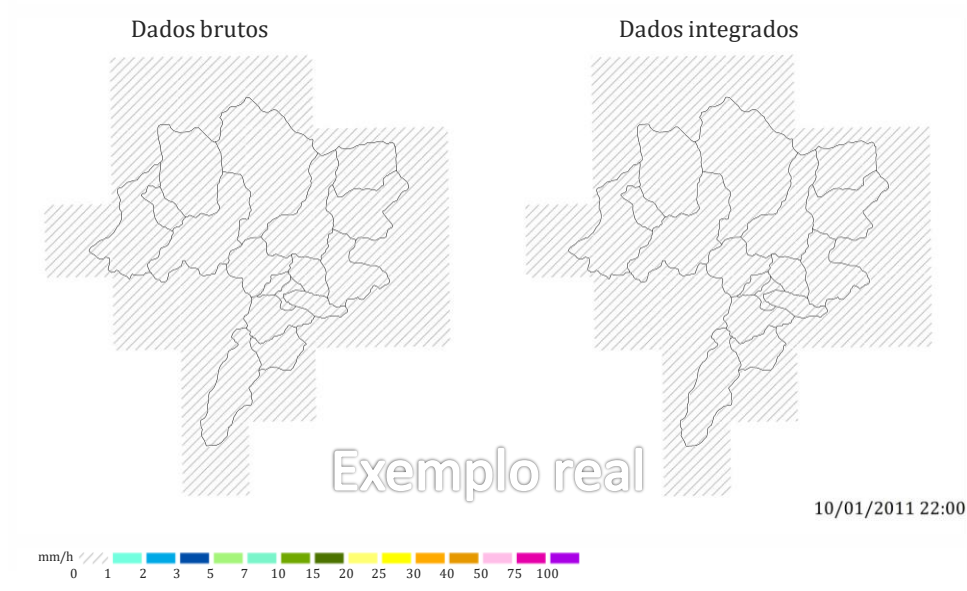
Área de abrangência (raio de 240 km)

11

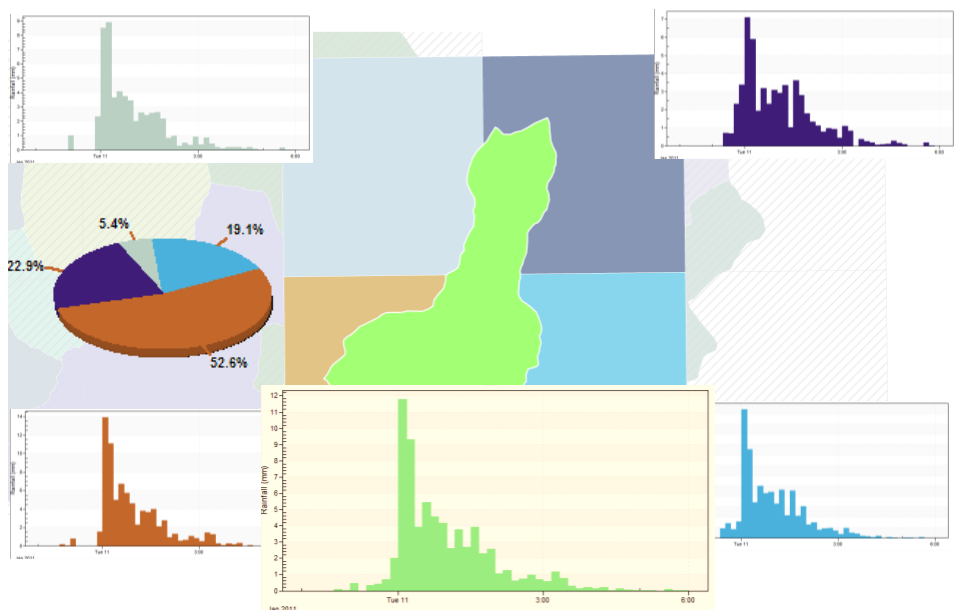


Radare Meteorológico SAISP

Integração com os postos pluviométricos



Radar Meteorológico SAISP
Integração com os postos pluviométricos



Distribuição espacial da chuva

Interface do PCSWMM



Interface geral

Barra de seleção de painéis

PCSWMM 2013 Professional 2D -- CB_teste calibração

File Edit Map Table Graph Profile Details Status Documentation

Plan Save Pack Run Menu Print Open Close Lock Alter Export Select Edit Add Zoom Find Tools Split Join Render Play Earth Entert Paste Copy Delete

Simulation Options
Climatology
Rain Gages
Aquifers
Snow Packs
Unit Hydrographs
Control
Transects
Control rules
Pollutants
Land Uses
Curves
Time Series
Time Patterns

Layers
 Postos_SASP ...
 Localizacoes ...
 Storage ...
 Junctions ...
 Conduits ...
 Outfalls ...
 Flood inundation ...
 Flood vulnerable ...
 CB_integracao ...
 Dividers ...
 Pumps ...
 Orificos ...
 Weirs ...
 Outlets ...
 CB_Hidrografia ...
 Contorno_achados ...
 Subcatchments ...
 PI_Contorno_bacia ...
 PI_Contorno ...
 RI_Contorno ...
 Down-Street Maps ...

Menu Project

Menu Layers

PAINEL CENTRAL

Painel de atributos

Attributes

Subcatchment: CB_05

| Attributes | Value |
|------------------------------------|----------------------------------|
| Name | CB_05 |
| X.Coordinate | 130396.7261130 |
| Y.Coordinate | 7405998.521371 |
| Description | Bloco |
| Tag | |
| Rain Gage | CB_05 |
| Outlet | 0.0501 |
| Area (ha) | 377.723 |
| Width (m) | 1472.794 |
| Flow Length (m) | 2562.929 |
| Slope (%) | 30.023815155 |
| Inflow (%) | 22.8573 |
| N Inflow | 0.0617087 |
| N Flow | 0.460207 |
| Outlet Inflow (mm) | 1.19057 |
| Outlet Flow (mm) | 5.83282 |
| Zone Inflow (%) | 25 |
| Subarea Flooding | OUTLET |
| Percent Flooding (%) | 100 |
| Cell Length | 0 |
| Snow Pack | 0 |
| UD Control | NO |
| Groundwater | |
| Infiltration - Curve_number | |
| Curve Time (days) | 1 |
| Conductivity (mm/h) | 0.5 |
| Curve number | 65 |
| Results | |
| Precipitation (mm) | 51.81 |
| Flow (mm) | 0 |
| Evaporation (mm) | 10.45 |
| Infiltration (mm) | 32.73 |
| Runoff Depth (mm) | 8.53 |
| Runoff Volume (ML) | 32.46 |
| Peak Discharge (m ³ /s) | 2.76 |
| Name | Unassigned name of subcatchment. |

Graph Map Table Profile Details Status Documentation

Rain Length On: Off View Depth: CMS BSWMM 0.022 SINGLAS 2000 UTM zone 23S X:337633.998 m Y:7407965.657 m Z:0 m

Flooding Result 0% Backup 100% Results spreadsheet

Tabelas

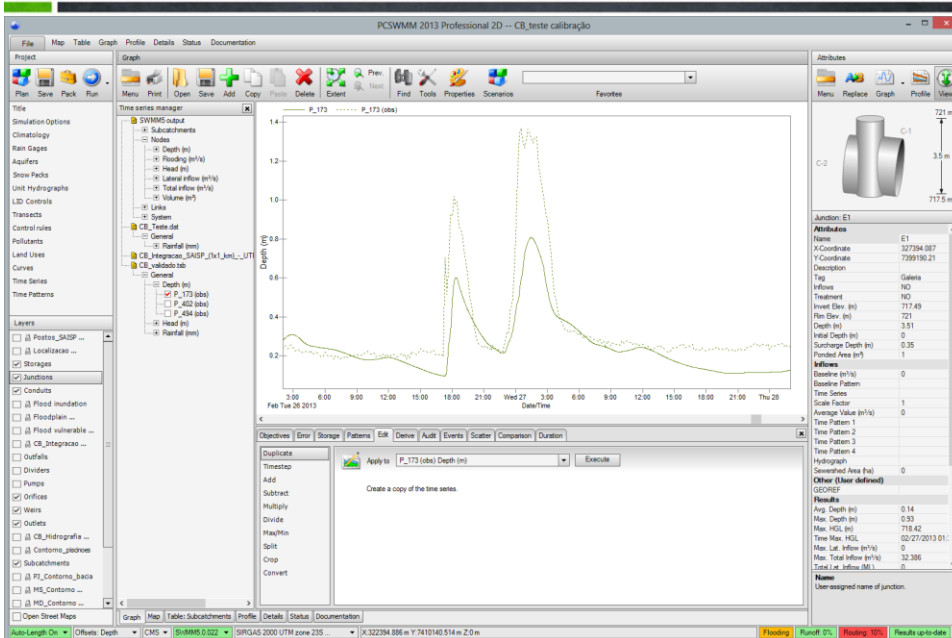
PCSWMM 2013 Professional 2D -- CB_teste calibração

| Name | X.Coordinate | Y.Coordinate | Description | Tag | Ran. Gauge | Outlet | Area (sq. ft) | Width (ft) | Flow Length (ft) | Slope (%) | Invert (ft) | N. Invert | N. Parv. |
|-------|------------------|------------------|--------------------------------|-------|------------|---------|---------------|------------|------------------|-----------|-------------|-----------|----------|
| CB_01 | 326833.45419032 | 7407363.01471859 | Carvalho Montante | CB_01 | J_0201 | 411.089 | 1967.668 | 2059.27 | 36.6754210327 | 7.054 | 0.0765735 | 0.639497 | |
| CB_02 | 325407.89070803 | 7405710.13189952 | Coronado Carvalho Juante | CB_02 | J_0301 | 474.502 | 2141.197 | 2216.06 | 26.4230764296 | 67.0189 | 0.0352605 | 0.172736 | |
| CB_03 | 327410.492745624 | 7405500.65363463 | Banana | CB_03 | J_0309 | 457.208 | 2565.759 | 1791.96 | 27.7225688826 | 65.9395 | 0.0430929 | 0.224066 | |
| CB_04 | 329135.55959395 | 7407993.04807401 | Ingaçu | CB_04 | J_0402 | 736.588 | 1923.633 | 3829.15 | 31.1981199804 | 4.89812 | 0.0766724 | 0.61825 | |
| CB_05 | 330396.781181915 | 7405981.92177088 | Beço | CB_05 | J_0601 | 377.223 | 1425.794 | 2542.929 | 30.8228191955 | 22.8973 | 0.0617687 | 0.409207 | |
| CB_06 | 329719.523796747 | 7406828.30102902 | Cabucu Montante | CB_06 | J_1201 | 190.897 | 3370.293 | 1989.61 | 28.1312485668 | 80.7026 | 0.0191912 | 0.0364318 | |
| CB_07 | 329137.281332482 | 7406831.68708838 | Guana Montante | CB_07 | P_ETA | 483.185 | 1889.87 | 2556.71 | 32.7256126404 | 4.70775 | 0.070846 | 0.514796 | |
| CB_08 | 331934.014456871 | 7404443.88747977 | Guana Intermediário | CB_08 | J_0901 | 267.25 | 1677.494 | 1593.15 | 19.577893066 | 67.3124 | 0.0343765 | 0.100513 | |
| CB_09 | 330150.43189062 | 7404288.519252 | Guana Juante | CB_09 | J_0906 | 159.685 | 933.612 | 1770.4 | 18.6907234192 | 89.9197 | 0.0159653 | 0.0306859 | |
| CB_10 | 330294.57909126 | 7403493.14341165 | Agua Fria Cabucu Intermediário | CB_10 | E266-S | 112.32 | 887.122 | 1295.319 | 15.2981957848 | 88.7995 | 0.0131917 | 0.0289177 | |
| CB_11 | 329353.942025426 | 7402583.30386845 | Cabucu Intermediário | CB_11 | E71-S | 324.094 | 1984.131 | 1633.76 | 16.1644448038 | 85.4947 | 0.0147058 | 0.0418117 | |
| CB_12 | 329198.189391975 | 7403773.13022081 | Cabucu Juante | CB_12 | E9-S | 284.223 | 880.997 | 3208.152 | 12.6012792687 | 86.3862 | 0.0138816 | 0.0448816 | |

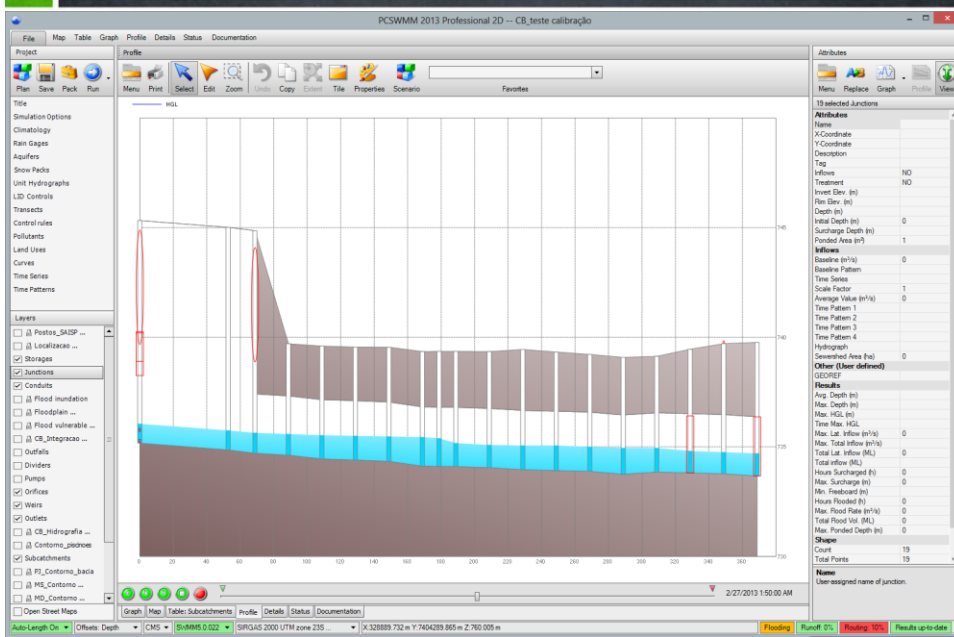
Attributes for subcatchment CB_05:

- Name: CB_05
- X.Coordinate: 330396.781181915
- Y.Coordinate: 7405981.92177088
- Description: Beço
- Tag: CB_05
- Ran Gauge: J_0601
- Area (sq. ft): 377.223
- Width (ft): 1425.794
- Flow Length (ft): 2542.929
- Slope (%): 30.8228191955
- Invert (ft): 22.8973
- N. Invert: 0.0617687
- N. Parv.: 0.409207
- N. Flow: 1.19037
- Date Invert (mm): 5.82082
- Zero Invert (ft): 0
- Subarea Flooding: OUTLET
- Percent Flooded (%): 100
- Curb Length: 0
- Snow Pack: 0
- LID Controls: 0
- Groundwater: NO
- Infiltration: Curve_number
- Drying Time (days): 1
- Conductivity (mm-hr): 0.5
- Curve number: 62

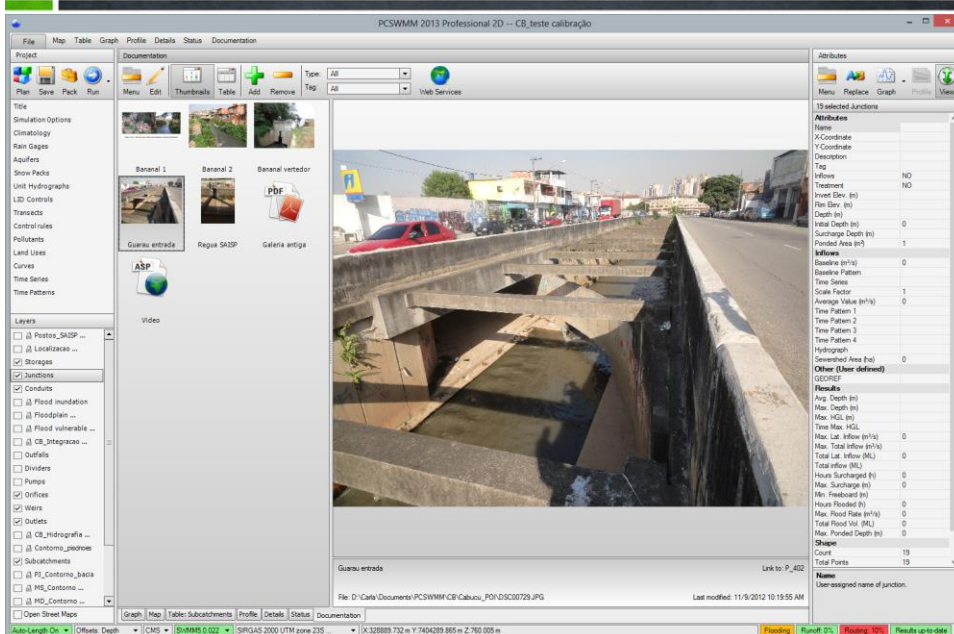
Gráficos



Perfil



Documentação



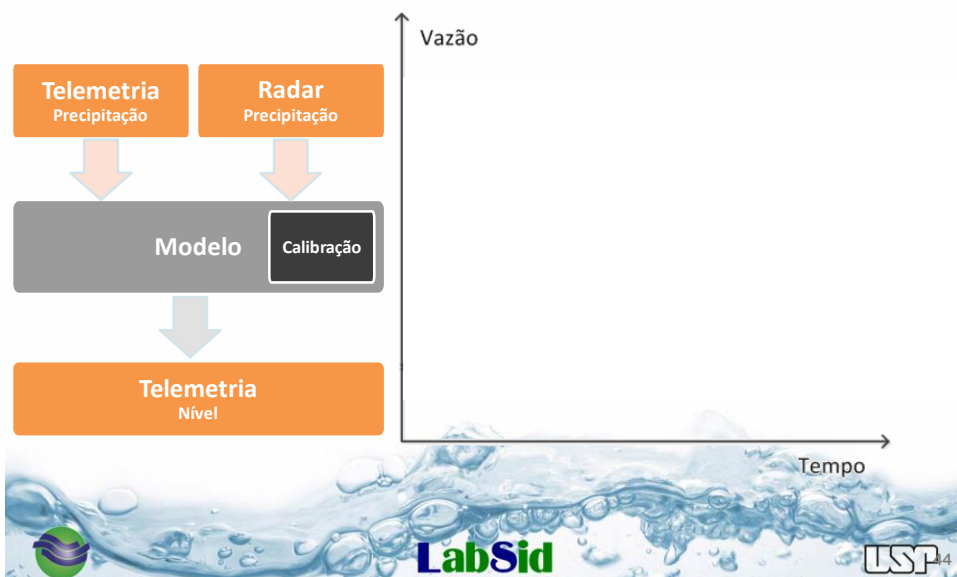
Calibração



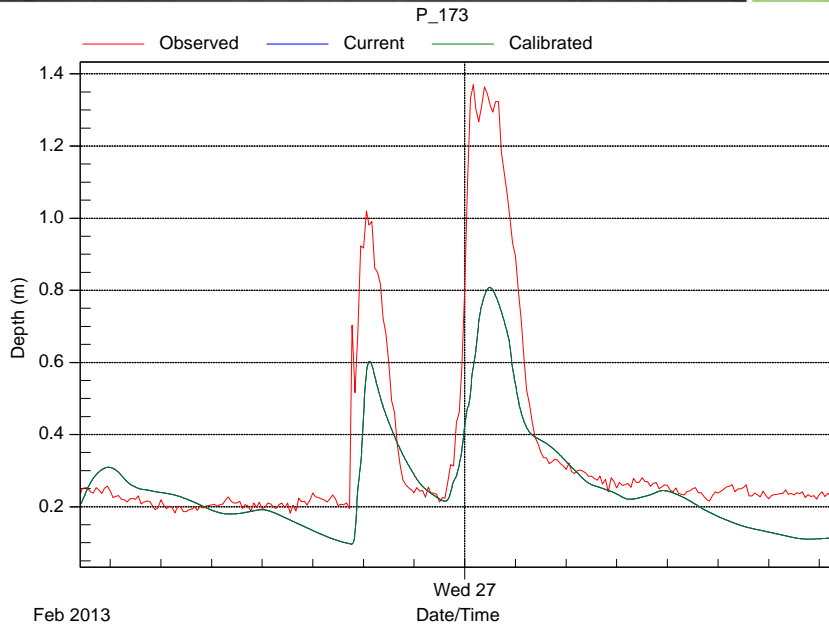
LabSid

USP

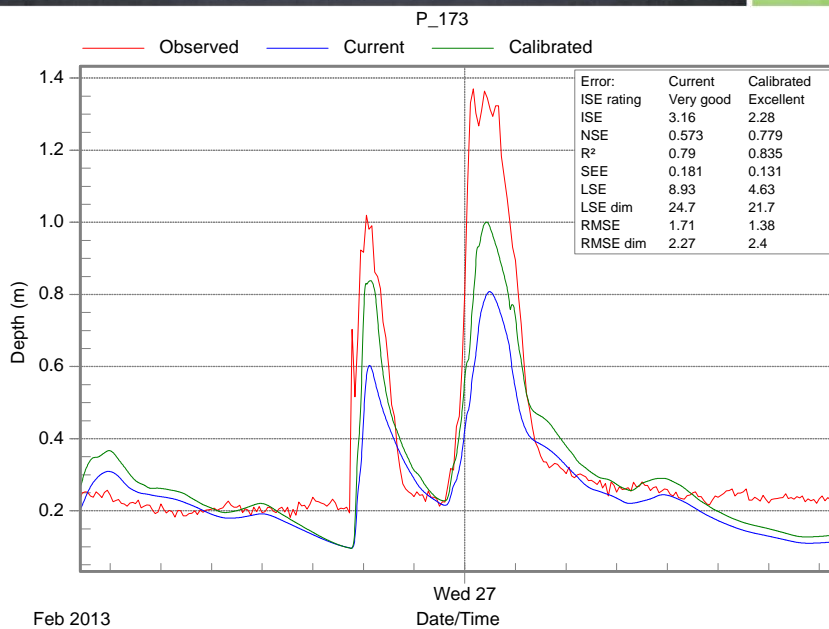
Calibração do modelo



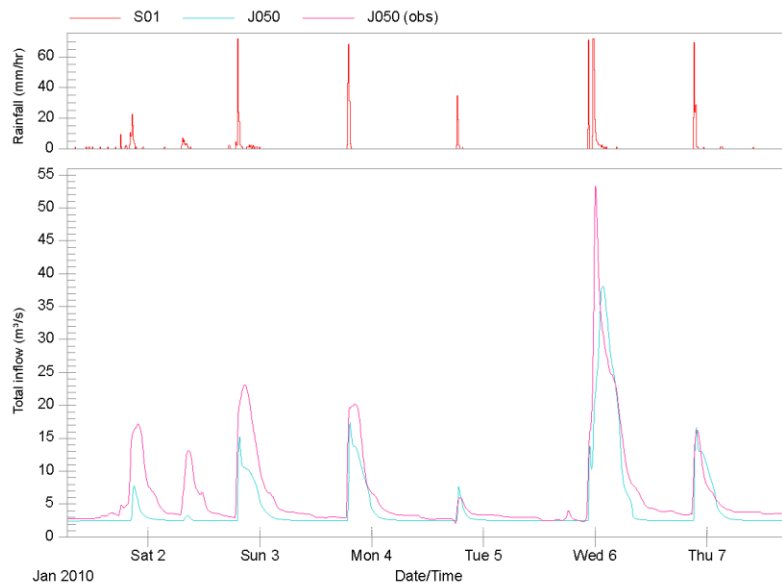
Calibração



Calibração



Calibração

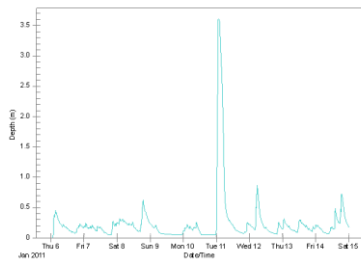


Resultados



LabSid

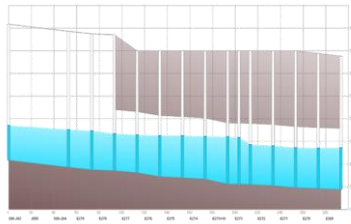
LSP



Gráficos



Mapas temáticos

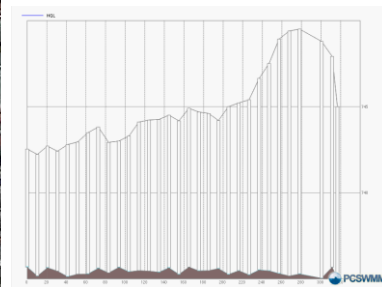
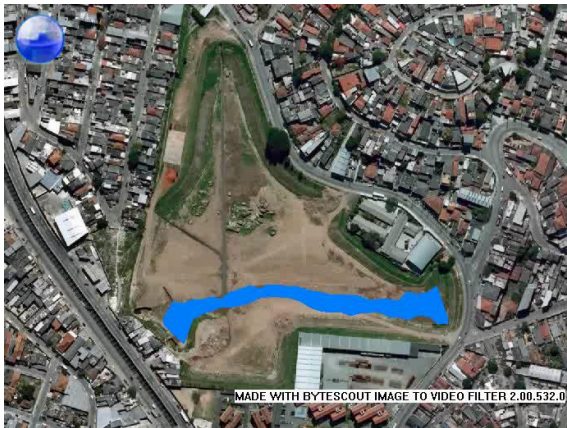


Perfis



Manchas

Bacia Cabuçu de Baixo - RMSP



Piscinão Guaraú - Cabuçu de Baixo

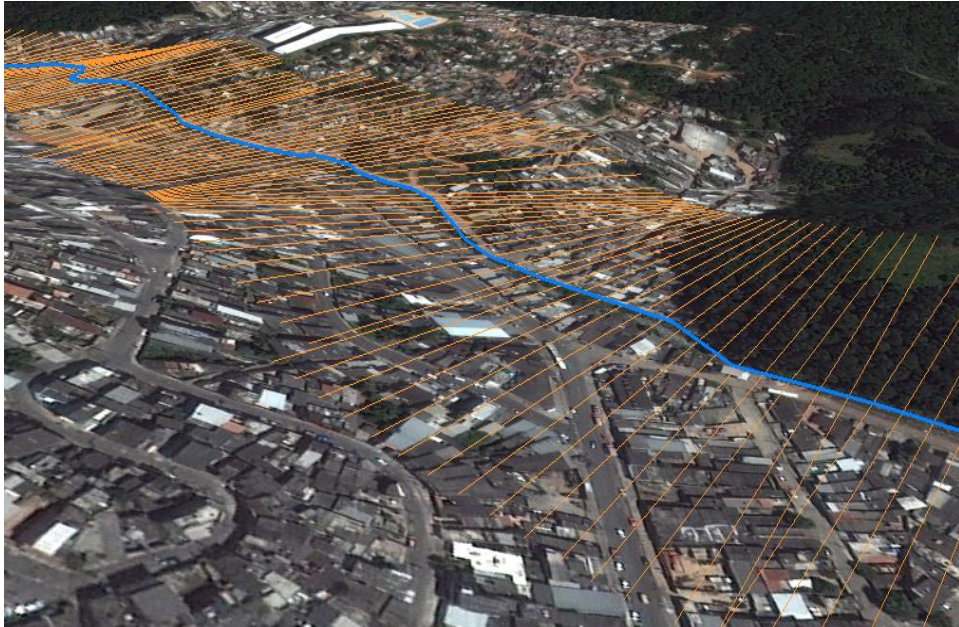


Manchas de inundação

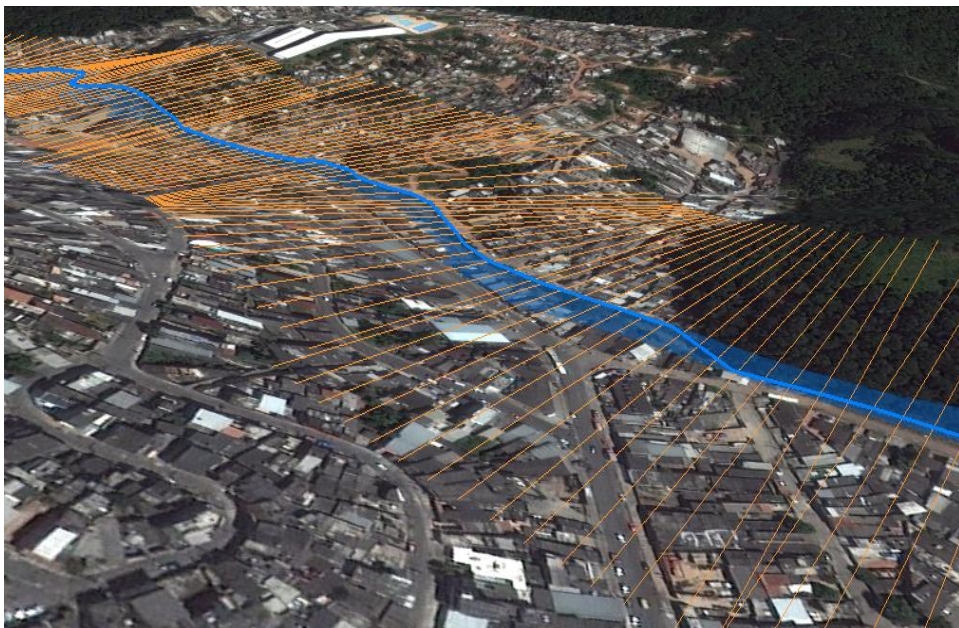


Manchas de inundação





Manchas de inundação



Manchas de inundação





Manchas de inundação



Manchas de inundação





Manchas de inundação



Manchas de inundação



Identificação de Edificações Vulneráveis



LabSid

USP

Identificação de edificações vulneráveis

- Camada contendo a localização de edificações vulneráveis e as cotas críticas
- Os polígonos são representados de acordo com o perigo de cheia
- Exemplos de instalações críticas de interesse: postos de saúde, escolas, estações de polícia ou bombeiro



LabSid

USP



Identificação de edificações vulneráveis



Exemplo: escola

Identificação de edificações vulneráveis



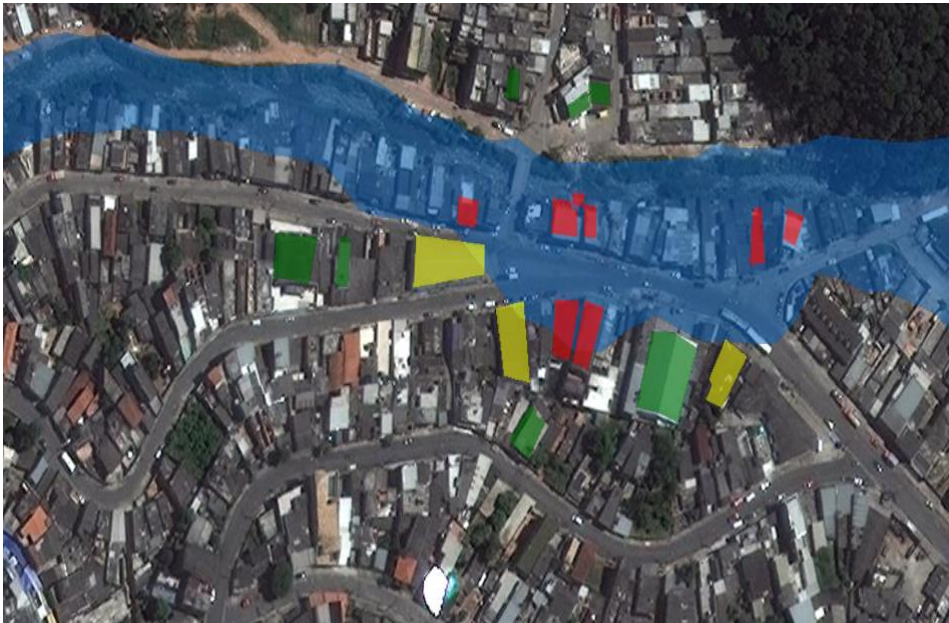


Identificação de edificações vulneráveis



Identificação de edificações vulneráveis





Identificação de edificações vulneráveis



Identificação de edificações vulneráveis

Previsão em Tempo Real



LabSid

USP

Previsão em Tempo Real

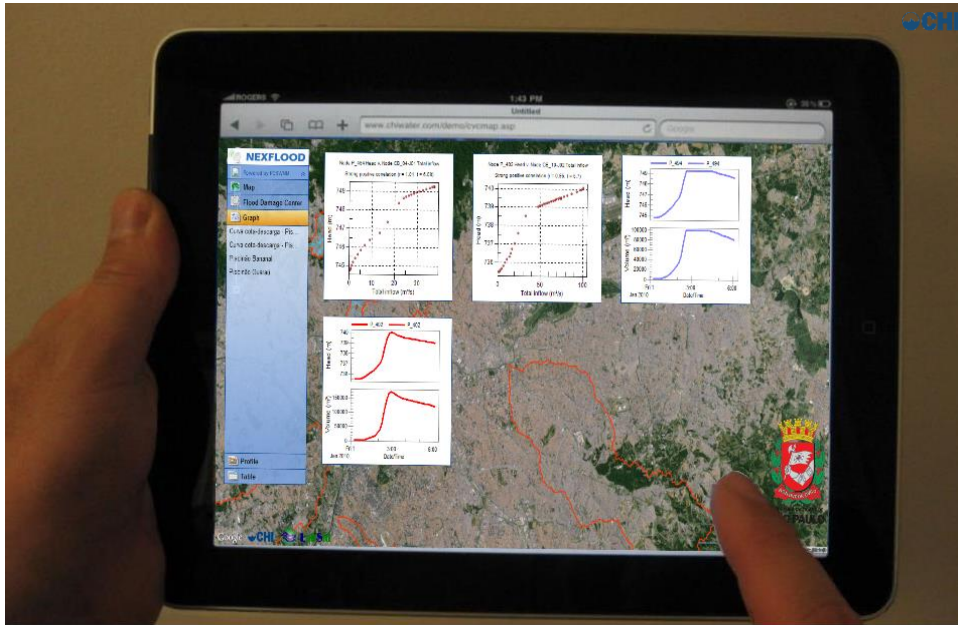




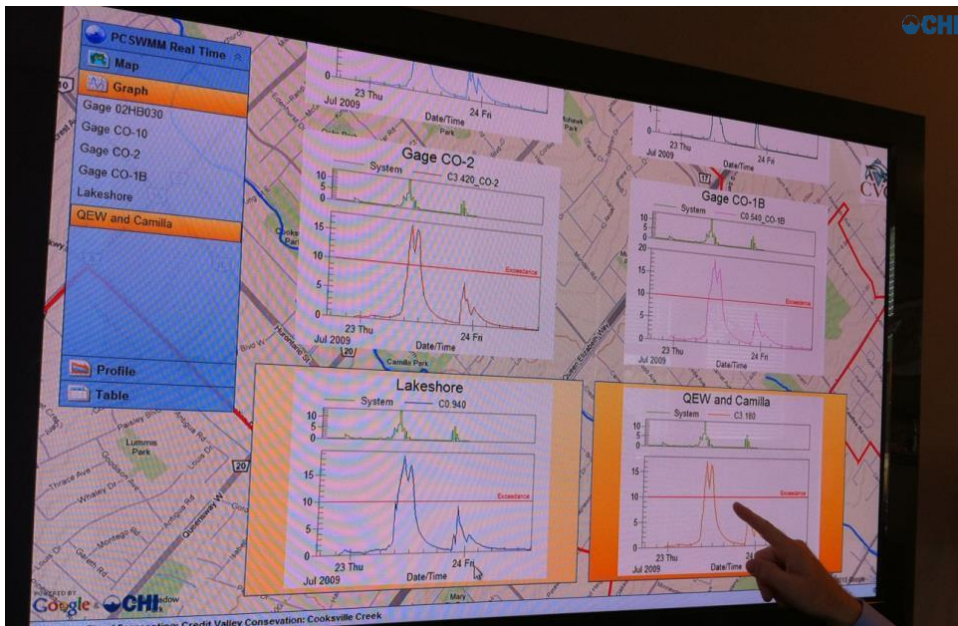
Desktops



Smartphones



Tablets



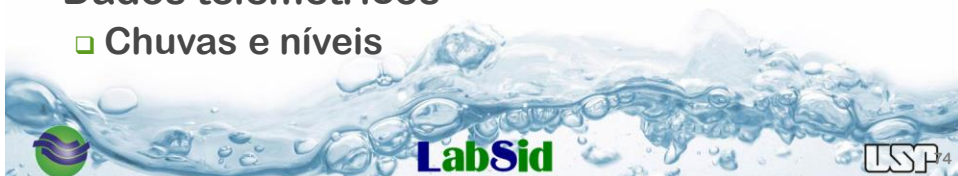
Videowall

Conclusões



Qualidade da Análise

- Características hidrológicas das bacias
- Seções transversais dos canais
- Estruturas hidráulicas existentes
 - Reservatórios, vertedores, orifícios, pontes, galerias, soleiras, bueiros, rede, etc.
- Informações geográficas
 - Mapas
 - Modelo digital de terreno
- Dados telemétricos
 - Chuvas e níveis





Obrigado

www.labsid.eng.br
cristiano@labsid.eng.br
carla@labsid.eng.br
joaquinbonne@usp.br



LabSid

USP