



Operador Nacional
do Sistema Elétrico



AVALIAÇÃO DOS DADOS CADASTRais UTILIZADOS PARA CÁLCULO DA PRODUTIBILIDADE DAS USINAS HIDROELÉTRICAS DO SIN

GOP / Alberto Kligerman



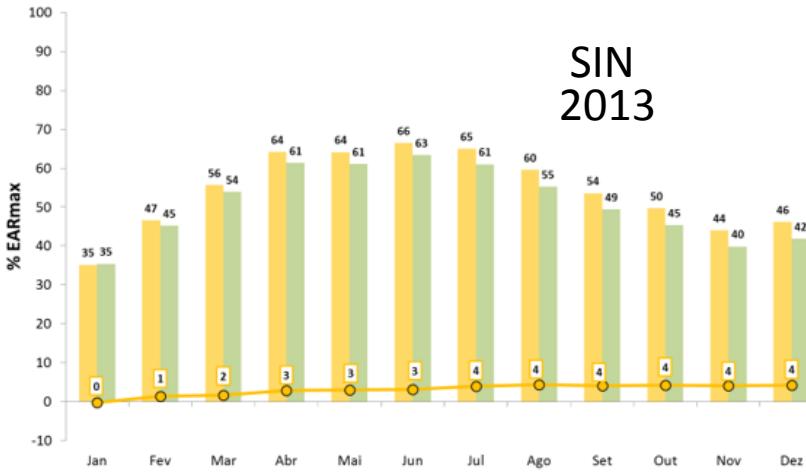
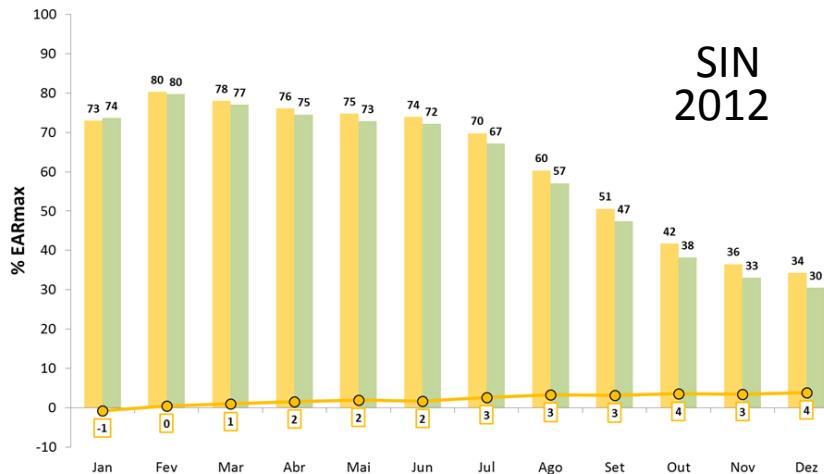
AUTORIA

O Informe Técnico foi escrito em **coautoria** por integrantes do **GTDP** (Grupo de Trabalho de avaliação de dados cadastrais utilizados para o cálculo da produtibilidade)

ONS	Alberto Sergio Kligerman	CHESF	Sergio Montenegro Fernandes
ONS	Bernard Fernandes Kusel	COPEL	Hugo Mikami
ONS	Carlos Eduardo Vilas Boas	CPFL	Henrique Gabriele Borduqui
ONS	Lucas de Souza Khenayfis	DUKE	Maurílio Eijin Katekawa
ONS	Maria Cândida Abib Lima	EDP	Mario Pereira de Godoi Neto
ONS	Maria Helena Teles de Azevedo	ELETROSUL	Filipe Magno Mayrink Niquini
ONS	Roberto Nogueira Fontoura Filho	ENEL	José Oscar da Silva Moreira
ONS	Rogerio Saturnino Braga	ENGIE	José Vicente Miranda Rescigno
AES TIETÊ	Valdeci Goulart	EPE	Thiago Correa César
ALUPAR	Nivaldo Maganha	ESBR	Pedro Paulo de Castro Viana
CCEE	Rodrigo Sacchi	FURNAS	Marcelo Roberto Rocha de Carvalho
CEEE	Rodrigo Feistauer	ITAIPU BINACIONAL	Renata Biasi Ribeiro Tufaile
CEMIG	Grazziano Motteran	LIGHT ENERGIA	Bruno Ferreira Pereira
CESAP	Fernando Pedrassani Costa Neves	NEOENERGIA	Pedro Henrique Silva Cid
CESP	Luís Fernando de Andrade Mello Nogueira	SAE	Edvaldo Soares Araujo Neto

MOTIVAÇÃO

Diferenças entre níveis de armazenamento **simulados** x **verificados**: **4%** ao ano.



→ ONS decidiu verificar a acurácia da **produtibilidade** utilizada pelos modelos.

CONSTITUIÇÃO DO GTDP

A **ABRAGE** propôs, e em setembro de 2015 o ONS constituiu o **GTDP**, formado pelas **39** empresas geradoras das **142** usinas hidroelétricas então simuladas pelo ONS.

O trabalho foi estabelecido em três etapas:

1

Rendimentos e
perdas hidráulicas



Estudos iniciais
indicaram
diferenças

2

Polinômios de
nível de jusante



Os atuais não
consideram o
efeito de remanso

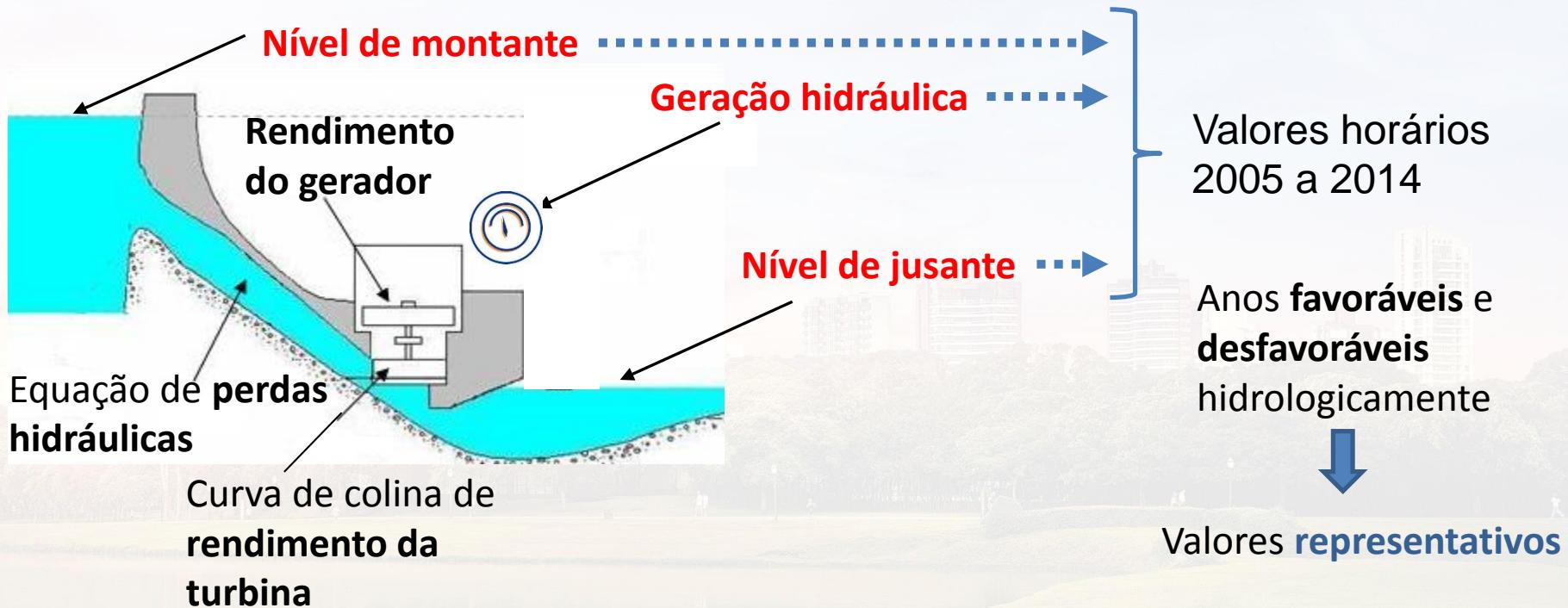
3

Níveis de montante de
usinas a fio d'água



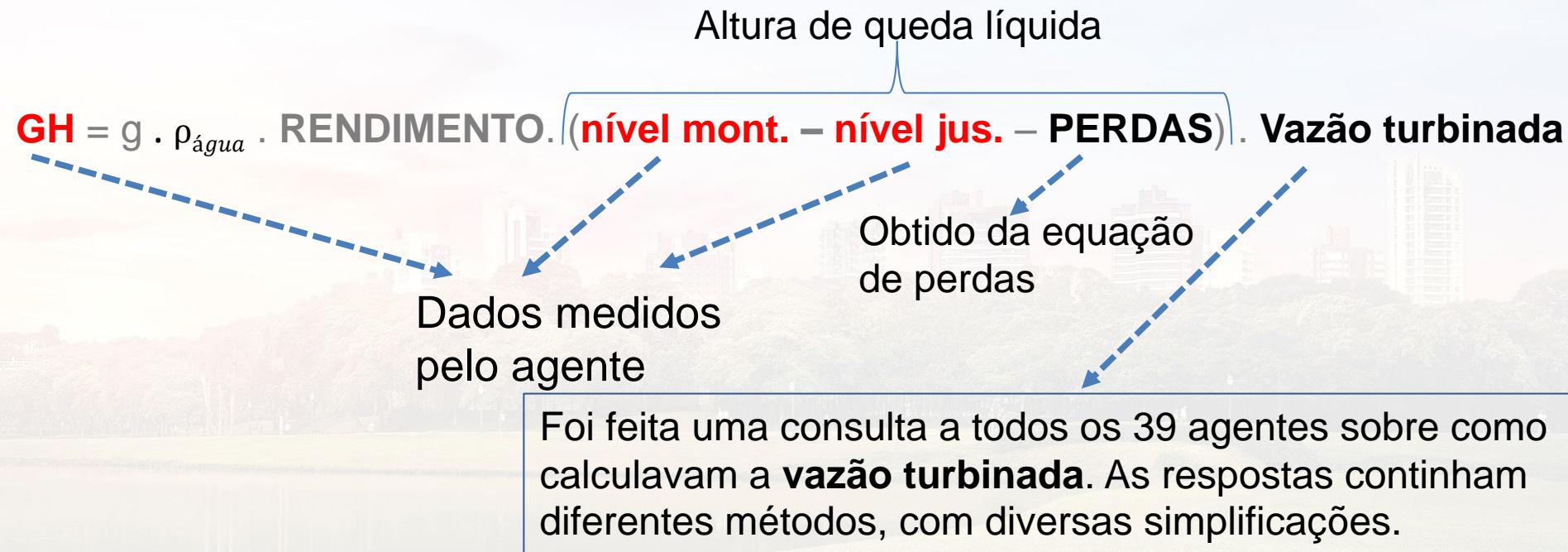
Normalmente se
considera o nível
máximo

DADOS NECESSÁRIOS



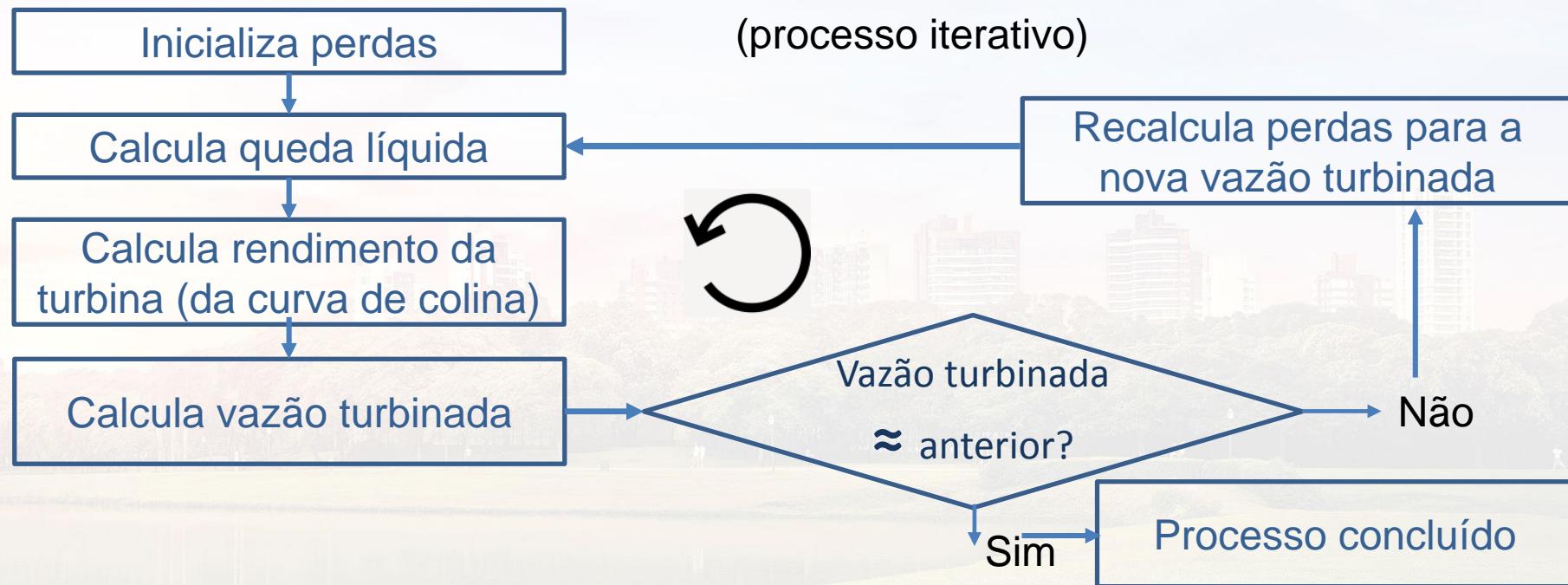
CONSULTA AOS AGENTES

A primeira etapa foi o cálculo dos **rendimentos e perdas hidráulicas representativos**.

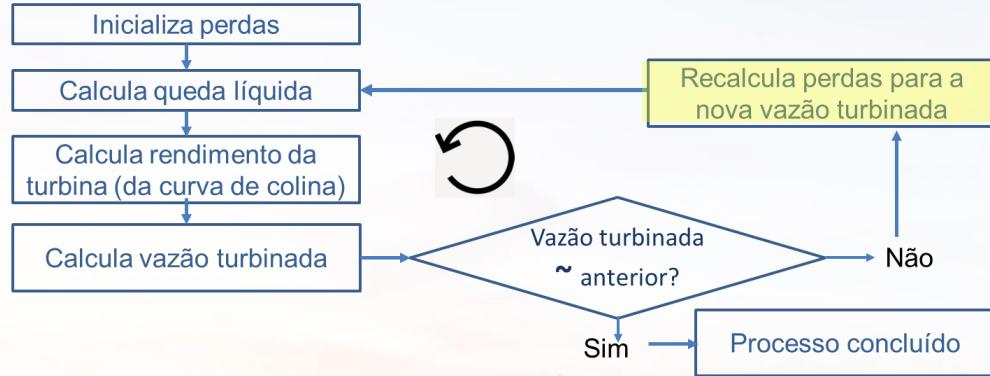


PROCESSO ITERATIVO

Decidiu-se então definir uma **metodologia unificada**, para ao mesmo tempo calcular o **rendimento**, as **perdas** e a **vazão turbinada** por unidade geradora e por hora.



EQUAÇÕES DE PERDAS



As **equações de perdas** foram obtidas apenas para aproximadamente metade das usinas.

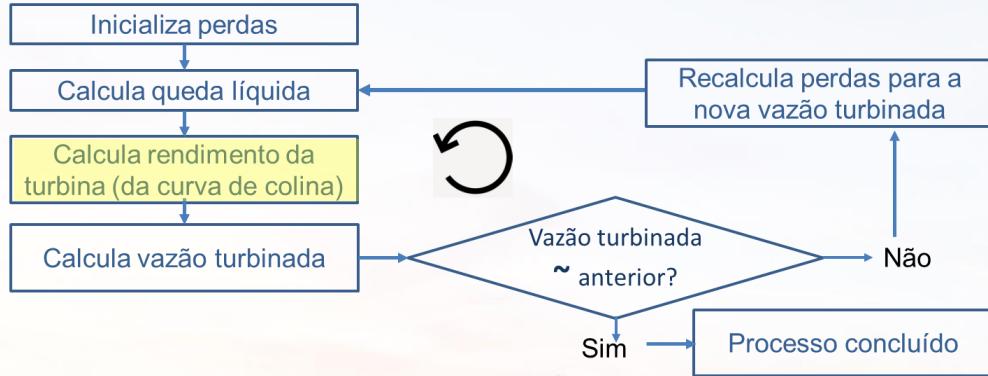
 ONS contratou consultora para fazer o cálculo das equações de perdas a partir dos dados de projeto.

As equações de perdas são do tipo:

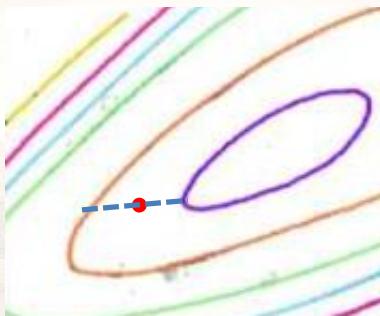
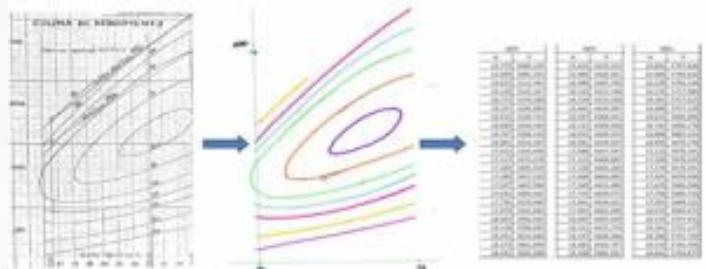
$$\text{Perdas}_n = k Q_n^2 \text{ (círculo simples) ou}$$

$$\text{Perdas}_n = k_1 \cdot (Q_1 + Q_2)^2 + k_2 Q_n^2 \text{ (círculo em Y)}$$

CURVAS DE COLINA

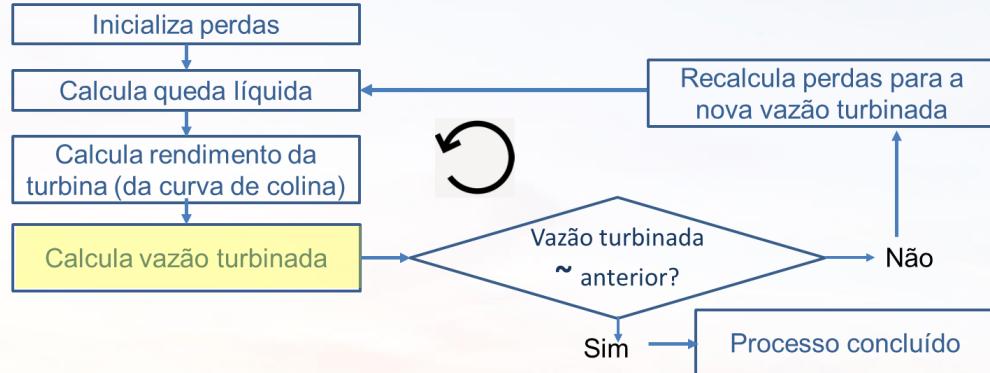


As **curvas de colina** foram redesenhas e digitalizadas.



Interpolação: reta de menor distância passando pelo ponto.

VAZÃO TURBINADA



$$\text{VAZÃO TURBINADA} = \frac{GH}{\mu_T \cdot \mu_G \cdot \text{Queda líquida} \cdot g \cdot \rho_{água}}$$

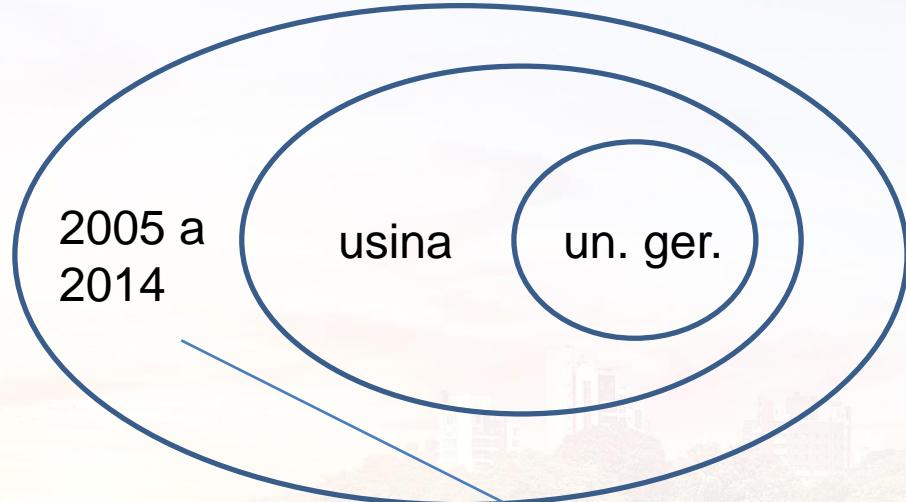
g (gravidade)

Usa-se a do local, e não 9,81

$\rho_{água}$ (massa específica da água)

Depende da temperatura da água

RENDIMENTOS E PERDAS

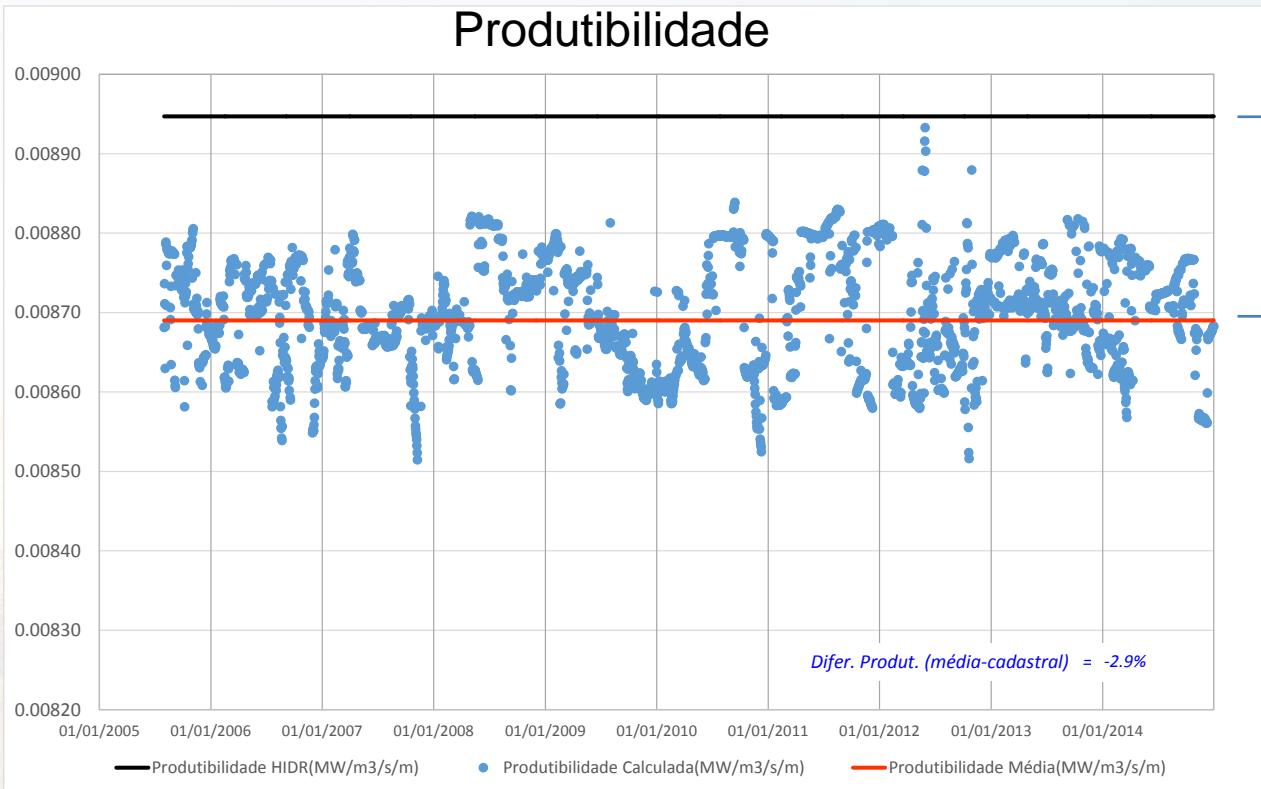


Valores obtidos **por hora e unidade geradora** são seguidamente **AGREGADOS, por usina, dia, mês, ano**, e pelos anos de **2005 a 2014**, sempre ponderando pela GH

Produtibilidade = $\mu_T \cdot \mu_G \cdot g \cdot \rho_{água} \cdot 10^{-6}$ em MW/m³/s/m
Perda hidráulica em metros

EXEMPLO: PRODUTIBILIDADE

Produtibilidade

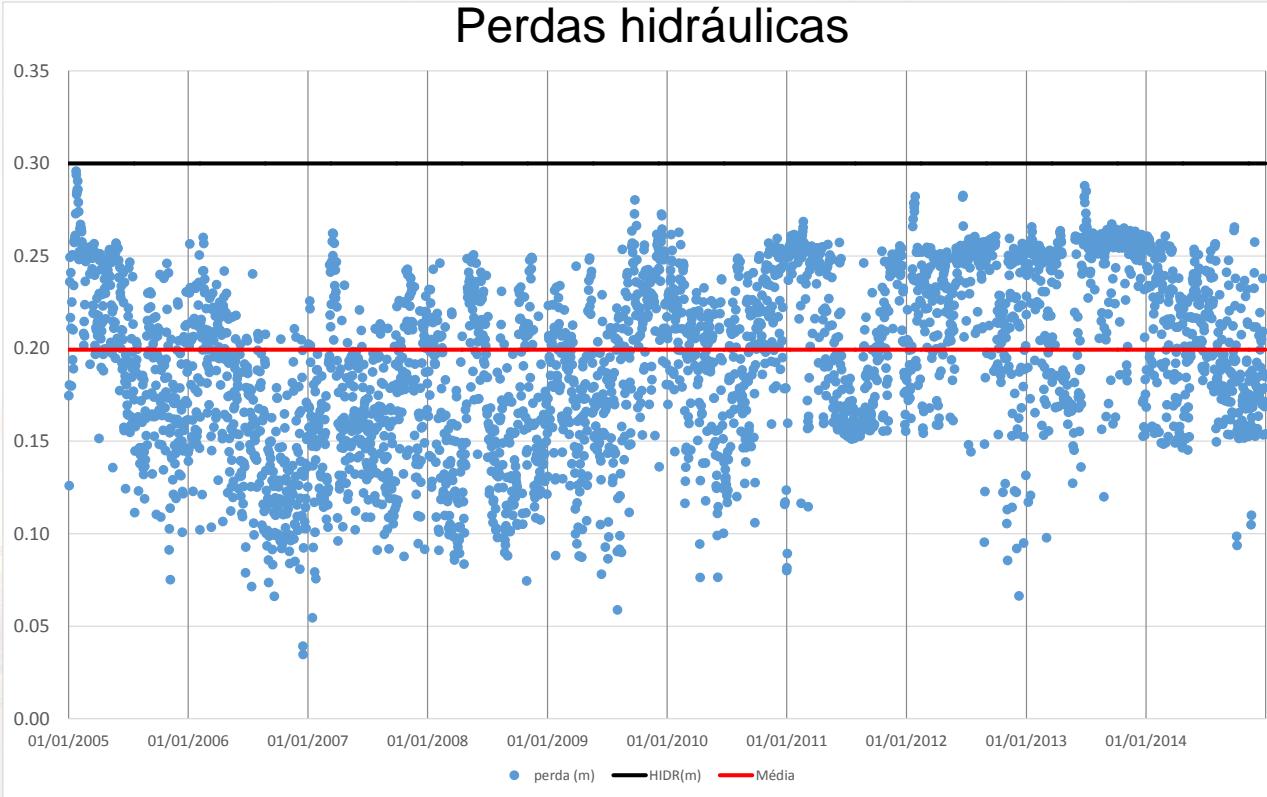


Cadastro

Representativa

EXEMPLO: PERDAS HIDRAULICAS

Perdas hidráulicas



Cadastro

Representativa

ESTADO ATUAL

Foram concluídos os cálculos para 69 usinas (de 142).

Produtibilidade

Representativa < Cadastral: **54%**

Perdas hidráulicas

Representativa > Cadastral: **38%**

Próximos passos:

- Conclusão da 1ª etapa (rendimentos e perdas)
- Cálculo dos **polinômios de jusante**
- Cálculo dos níveis de **montante para usinas a fio d'água**.

ALBERTO SERGIO KLIGERMAN

 (21) 3443-9831

 (21) 99358-1103

 alberto@ons.org.br

 www.ons.org.br

