

Thermal Integrity Profiling- TIP (Perfil de Integridade Térmica)



- **Paulo Belo / Ryan Allin**
Geoproviders / Pile Dynamics Inc. (PDI)



Organização



REABILITAÇÃO DA DOCA 1 DO PORTO DE LEIXÕES



ETERMAR



MOTA-ENGIL
ENGENHARIA



**Resultados do Perfil de
Integridade Térmica - Estaca S161**

Comparação de Métodos de Integridade de Estacas			
Descrição	Thermal Pile Profile (TIP)	Crosshole Sonic Logging (CSL)	Pile Integrity Test (PIT)
Não tem limite na profundidade da fundação	✓	✓	
Capacidade de detetar a base da estaca com solos soltos (Limpeza/Reciclagem deficiente)	✓	✓	
Capacidade de detetar defeitos ao longo do fuste da estaca	✓	✓	✓
Sem necessidade de introduzir uma velocidade propagação da onda no betão estimada	✓		
Livre de descolagem do tubo no betão	✓		✓
Capacidade de aceder à secção completa da estaca ao longo de todo o fuste	✓		
Capacidade de aceder ao recobrimento da armadura da estaca	✓		

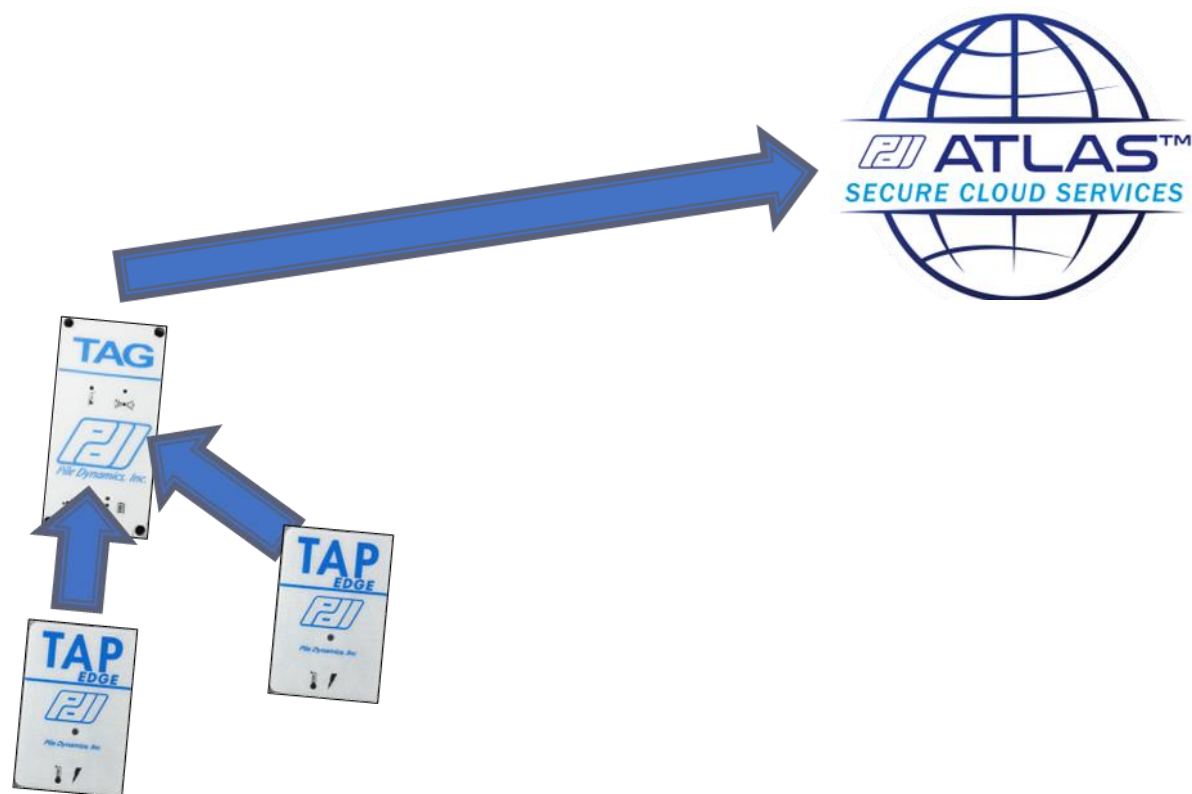


O que Inclui o Sistema TIP ?

- Unidade principal TIP
- TAP-EDGES
- TAGS
- caixa de teste de cabos TIP
- Software TIP-Repórter
- Número e comprimento adequados do cabo térmico (1 fio por cada 30 cm de diametro)



Assim que os fios estiverem ligados ao TAG e ao TAP-Edge, os dados começarão imediatamente a ser transmitidos para o PDI ATLAS Cloud System



Este método de ensaio de integridade não destrutivo utiliza o calor gerado pela reacção química do cimento medido através de cabos de sacrifício Thermal Wire®, para avaliar a qualidade do elemento estrutural .

A temperatura durante a cura está directamente relacionada com a qualidade, volume e raio (recobrimento da armadura) da estaca de betão .

- ❖ As reduções na temperatura indicam estrangulamentos, inclusões de solo ou betão de baixa qualidade
- ❖ Aumentos de temperatura indicam protuberâncias ou aumento do recobrimento de betão da armadura
- ❖ A variação da temperatura entre alinhamento vertical de fios/cabos diametralmente opostos, indica problemas de alinhamento e recobrimento da armadura
- ❖ Os dados sobre o volume permite que a temperatura seja convertida em raio.

Princípios Base do Método

1. **A quantidade de calor e a taxa de produção** de calor estão diretamente ligadas à composição do betão e ao produto químico dos constituintes dos materiais cimentícios (cimento, escórias e cinzas volantes), Schindler and Folliard, (2005).

$$E_u = E_c p_c + 461 p_{esc} + e_{cv} p_{cv}$$

E_u - Energia [KJ]

- a) O grau de hidratação $\alpha(te)$ no tempo (te) , pode ser determinado através da

$$\text{equação } \alpha(te) = \alpha_u \left[-e^{\left(\frac{\tau}{te}\right)^\beta} \right]$$

2. **A Difusão de Calor** tão importante como a produção de energia é o mecanismo pelo qual o calor é dissipado no meio envolvente. O fluxo de calor nos solos envolve mecanismos de condução, convecção e radiação cuja condução domina o transporte de calor.

- a) **A condutividade térmica, λ** , é definida como o fluxo de calor que passa por uma área unitária, A, dado um gradiente de temperatura unitário, $\Delta T/L$.

$$\lambda = \frac{q}{(A \cdot \Delta T \div L)} \quad [\text{W/m}^\circ\text{C}).$$

Princípios Base do Método (cont.)

b) **A capacidade térmica do solo C** , pode ser determinada com base na fracção volumétrica de sólidos, água e ar, em que a capacidade térmica de cada componente é definida como o calor necessário para aumentar a temperatura de uma unidade de volume de material um (1) grau °C. A capacidade térmica é o produto do calor específico da massa, c , e a densidade seca do solo, ρ , Farouki (1981) and Duarte et al. (2006)

$$c = X_s C_s + X_w C_w + X_a C_a$$

- C_s, C_w, C_a representam a capacidade calorífica do sólidos, água e ar, respetivamente.
- X_i a fracção volumétrica de cada componente

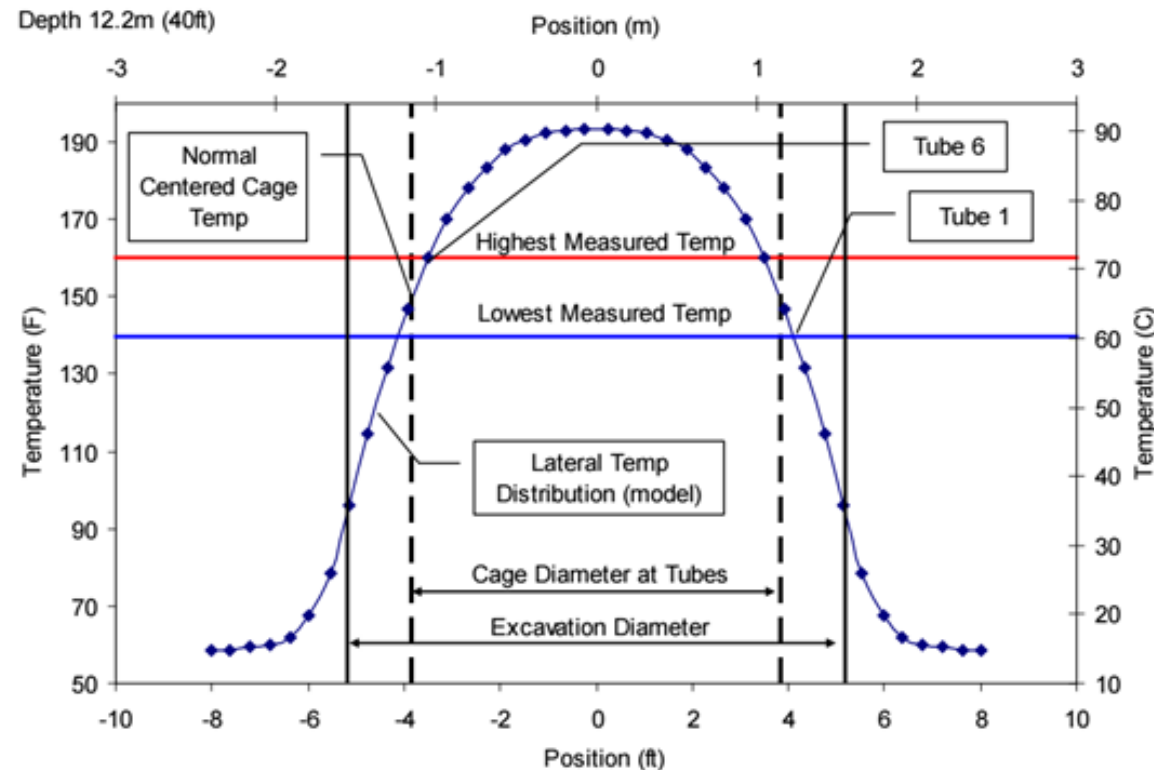
c) **A difusividade (k)** que é definida como a razão entre condutividade térmica e a capacidade calorífica, combina a capacidade de conduzir calor (λ) e a relutância do solo em ser aquecido (c). Quanto mais denso for o material, melhor conduza mesmo tempo que requer mais energia para aquecer.

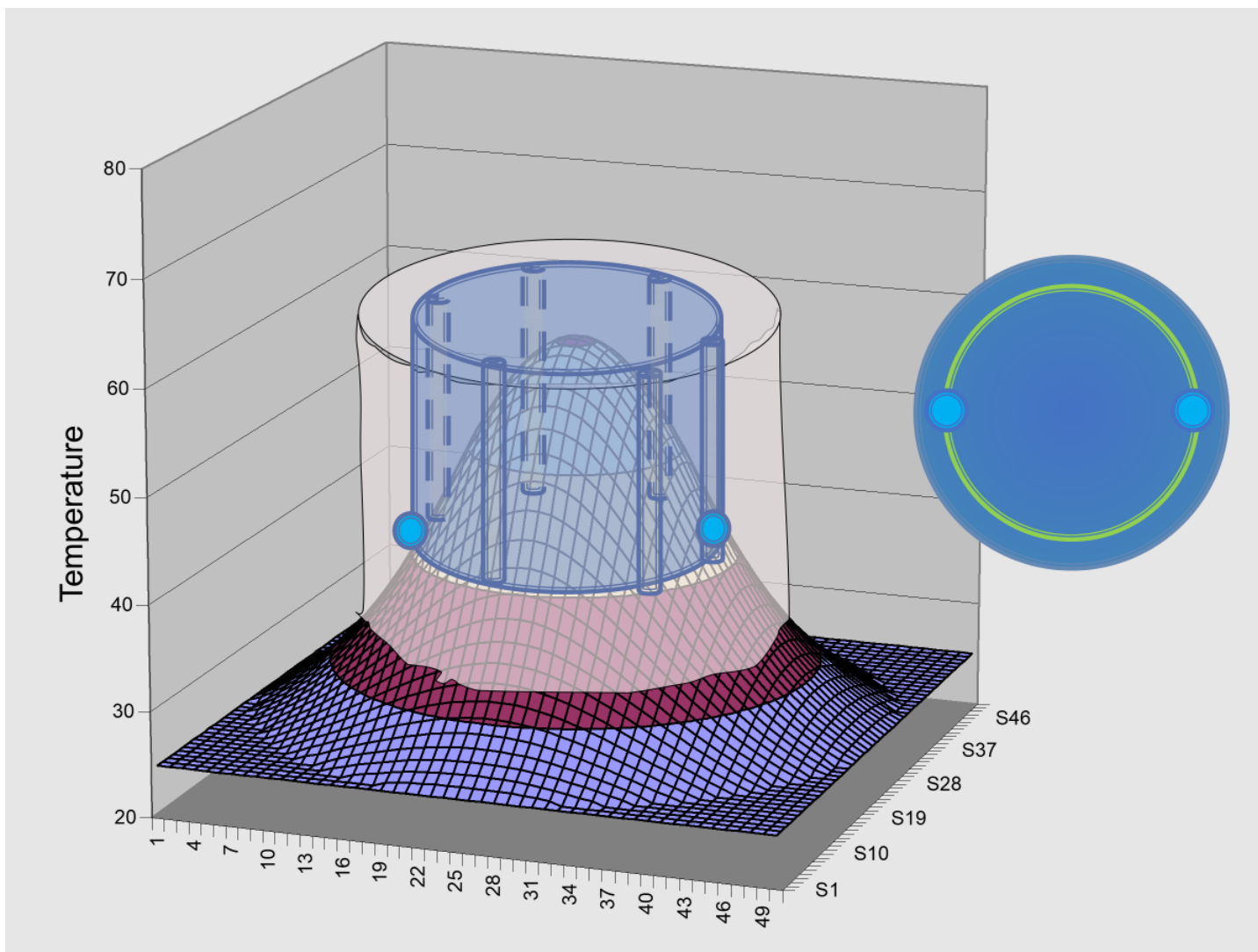
$$k = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} \quad [m^2/s]$$

Princípios Base do Método (cont.)

3. A difusão da temperatura é caracterizado pela equação diferencial parcial linear onde a variação da temperatura, (u), em relação ao tempo, (t), é proporcional ao produto da difusividade, (k), dividido pelo produto da massa (m) e calor específico (c), pela segunda derivada de temperatura em relação à distância direção x .

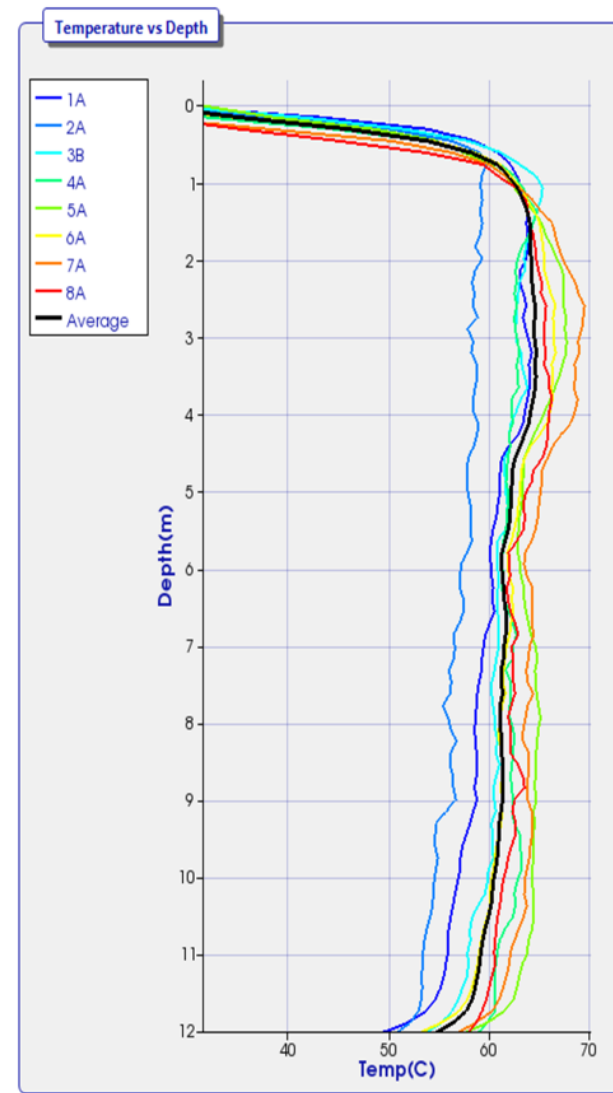
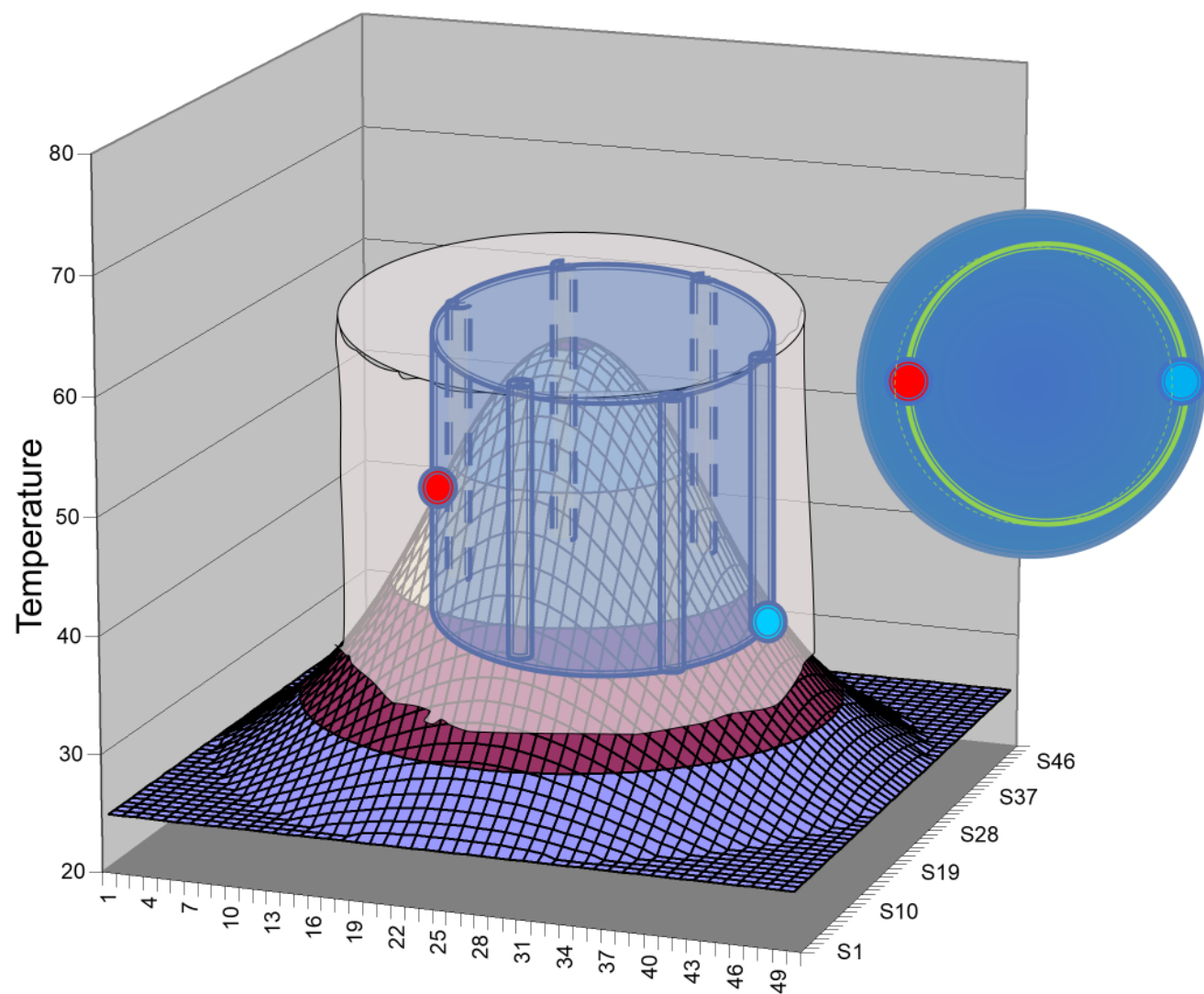
$$u_t = \frac{k}{c\rho} u_{xx} + q$$

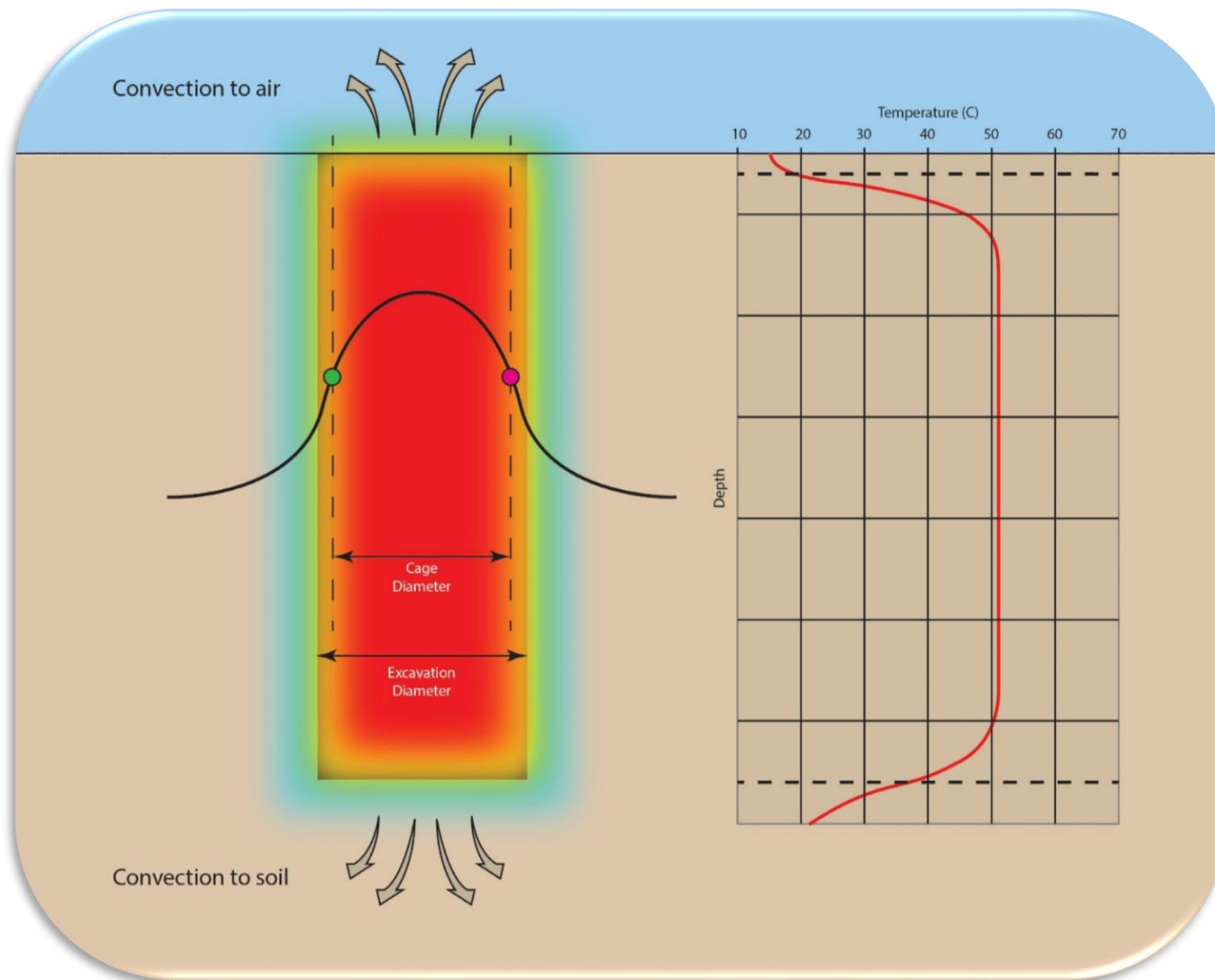


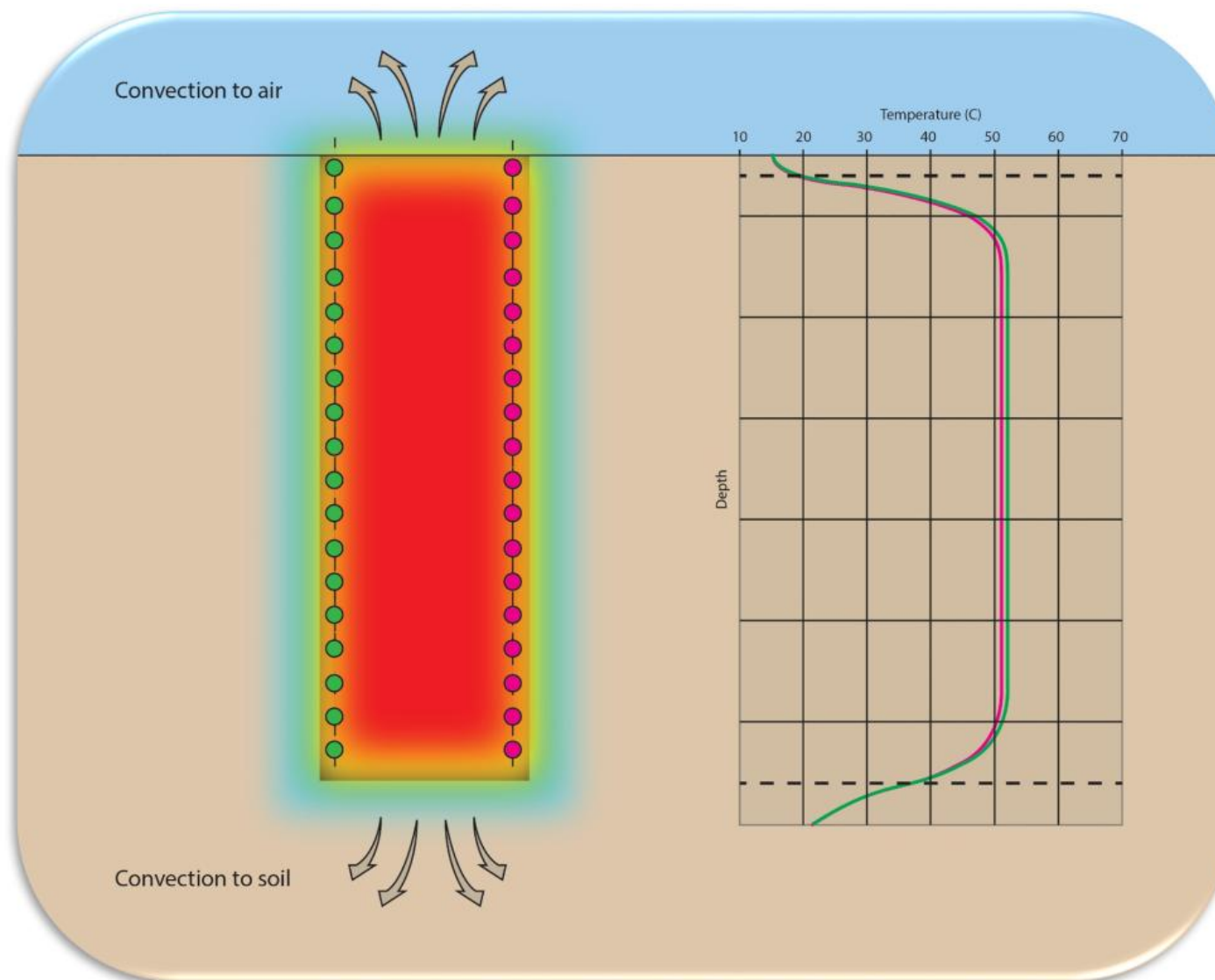


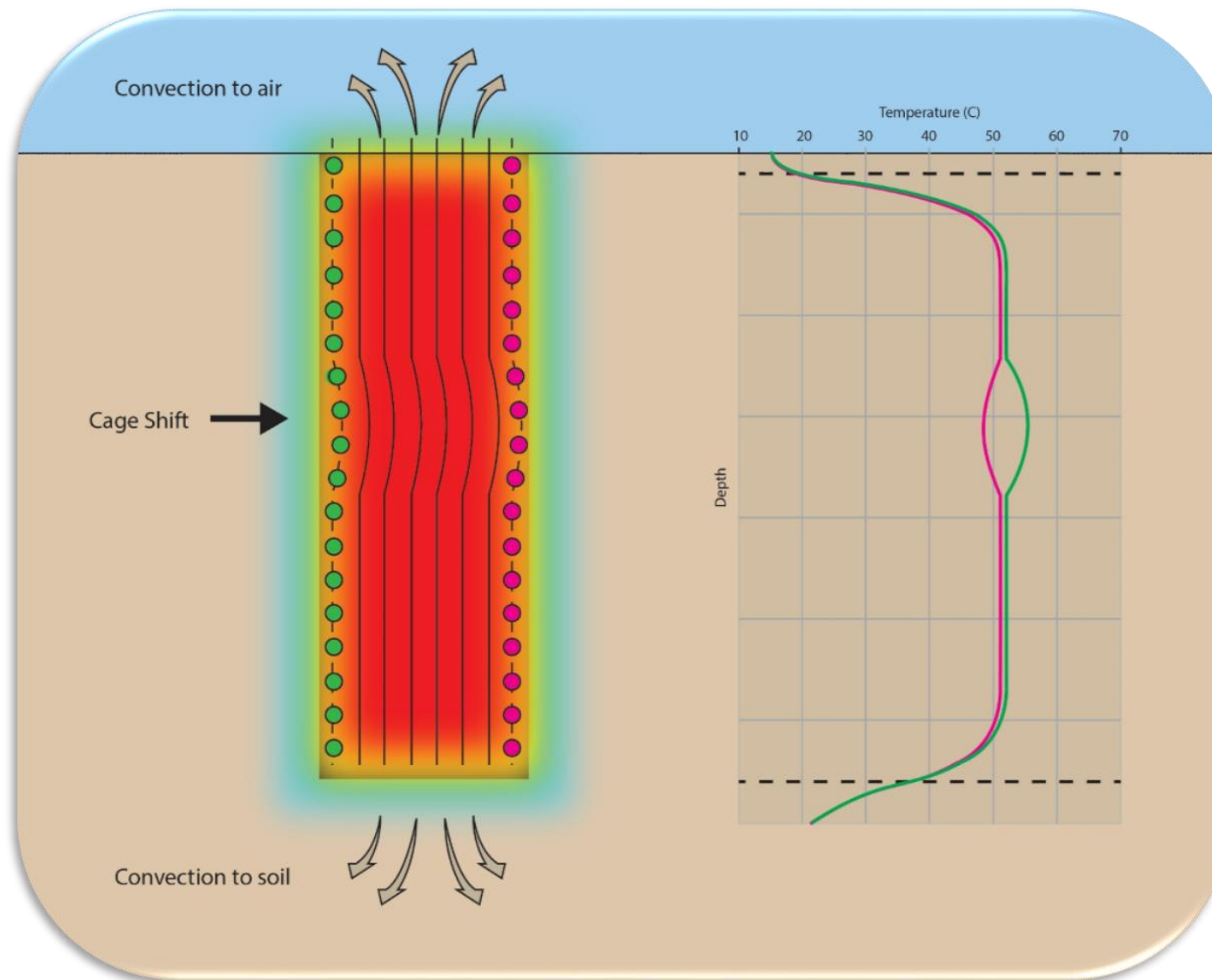
Assinatura do calor no fuste da estaca

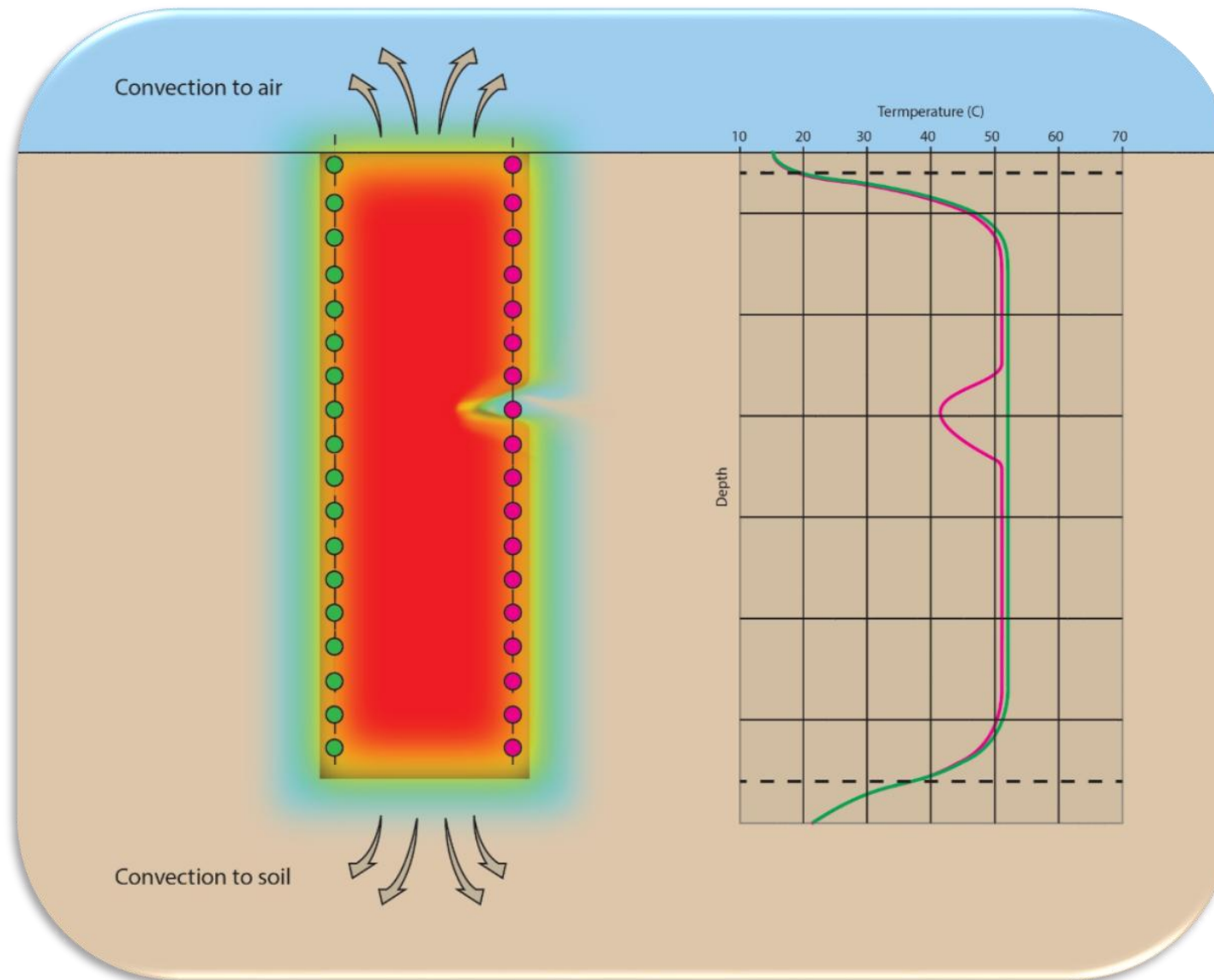
- O calor no centro do fuste da estaca será maior.
- A temperatura na armadura comporta-se linearmente em relação ao raio da estaca











Thermal Integrity Profiling- TIP

Comprimeto de reforço em rocha (R3) > 3.00 m Ø

-23.00 —

Var. (cota do maciço rochoso)

Var.

-24.00 —

-25.00 —

46 círculos #16/0.15
L=3.70m +
46 círculos #12/0.15 (separado)
L=3.50m

-26.00 —

EA10.1

EA10.1

7432 L=12.00m +
9432 L=7.50m

7432 L=12.00m +
9432 L=10.50m +
9432 L=7.50m

-27.00 —

-28.00 —

13 círculos #16/0.15
L=3.70m

-29.00 —

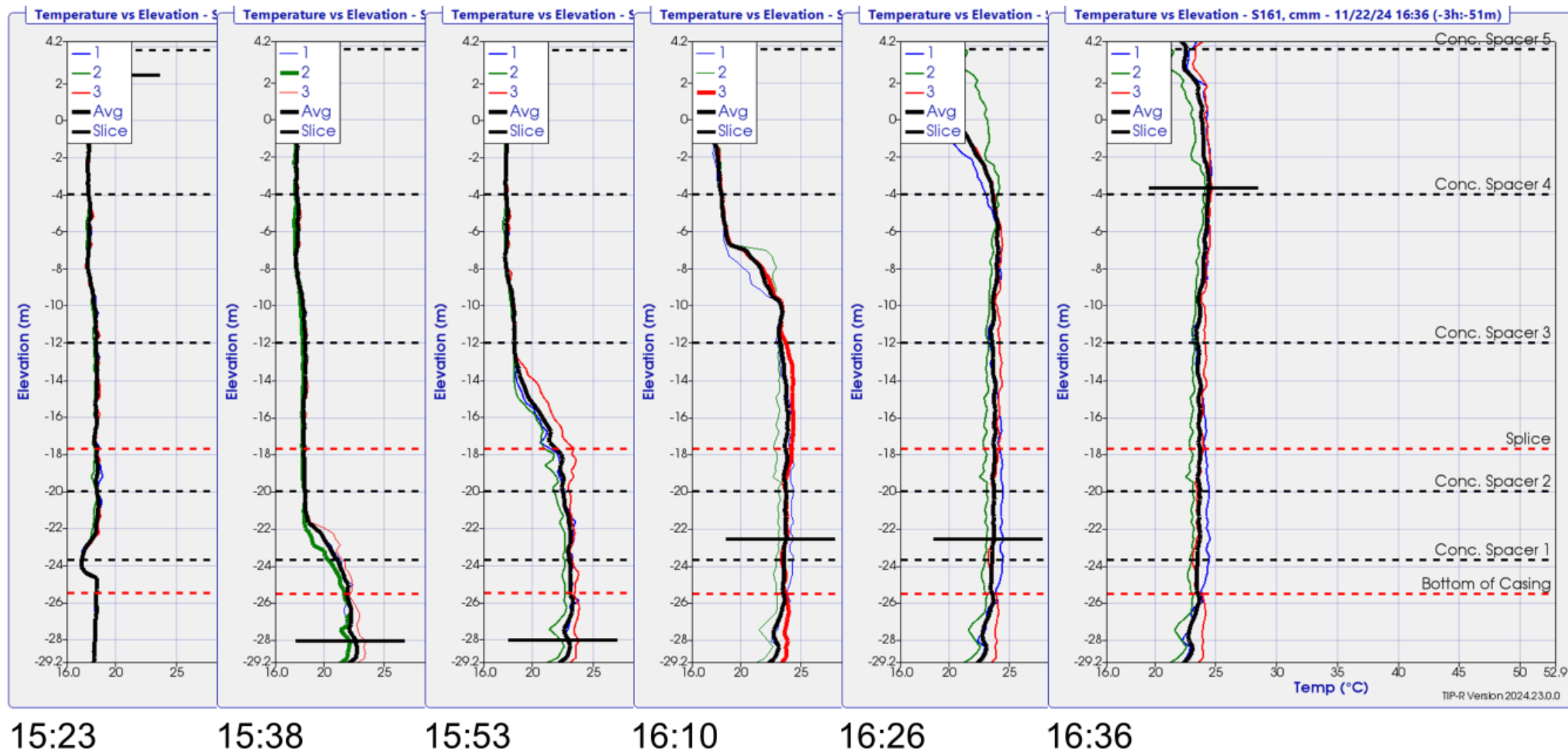
Maciço granítico

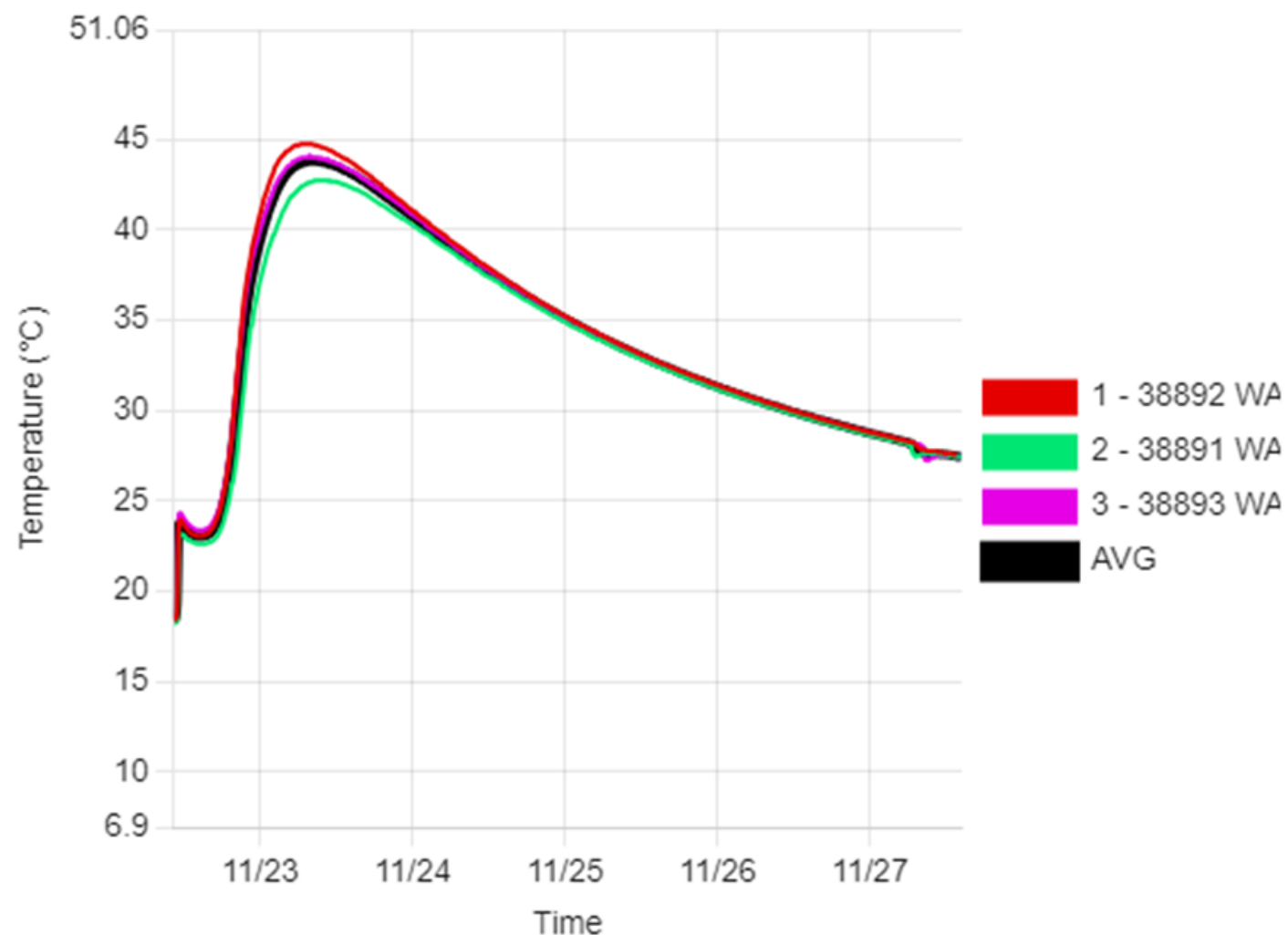
1.50

-29.00 (C)



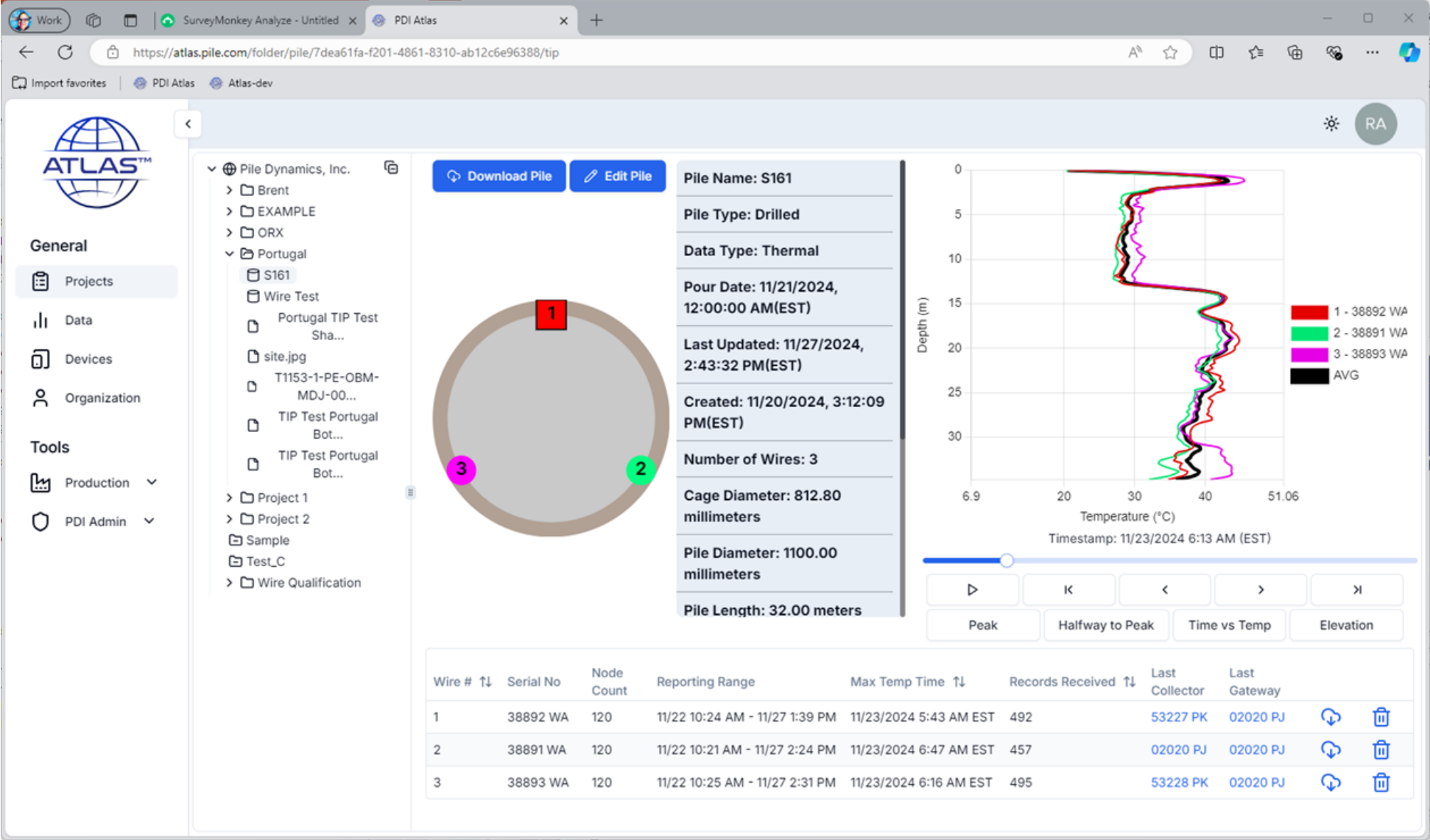
- 16

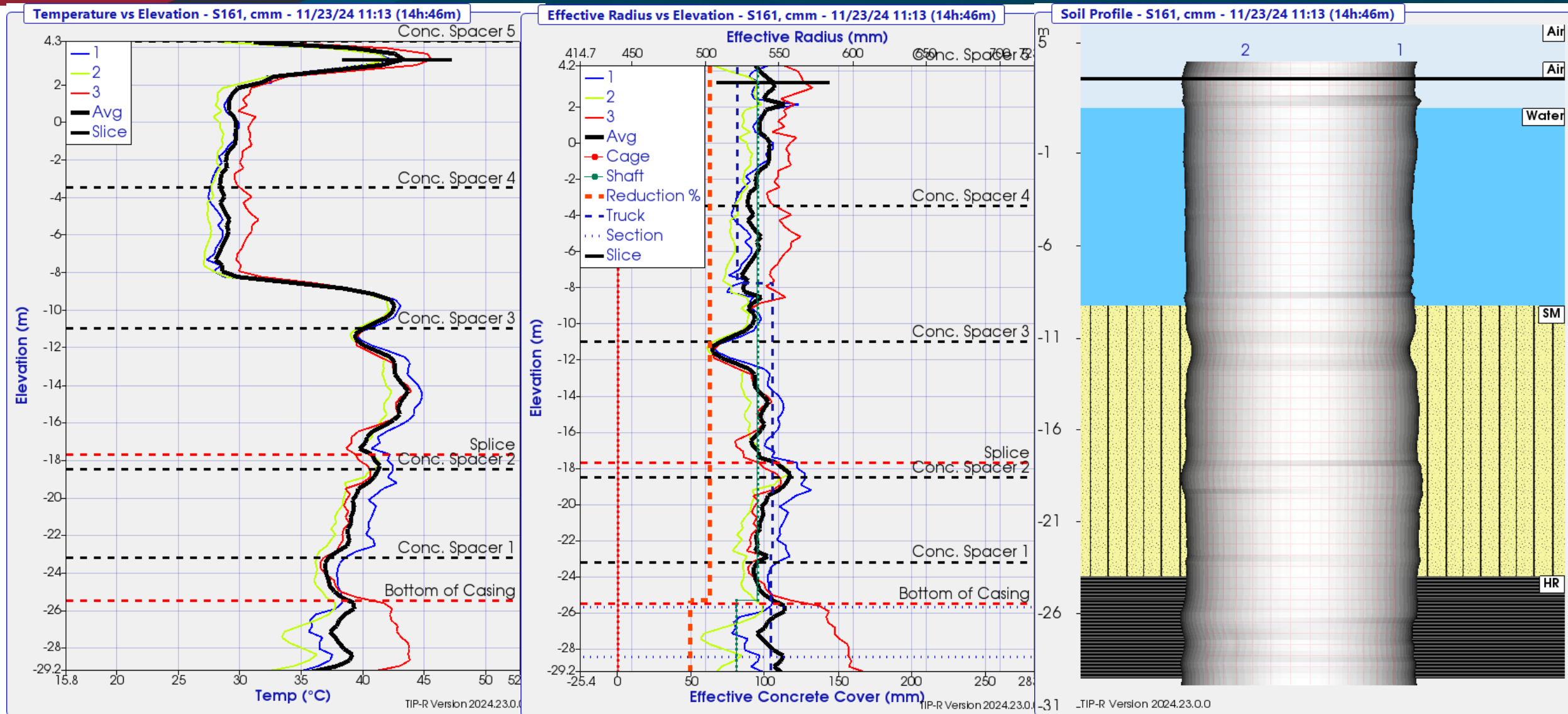




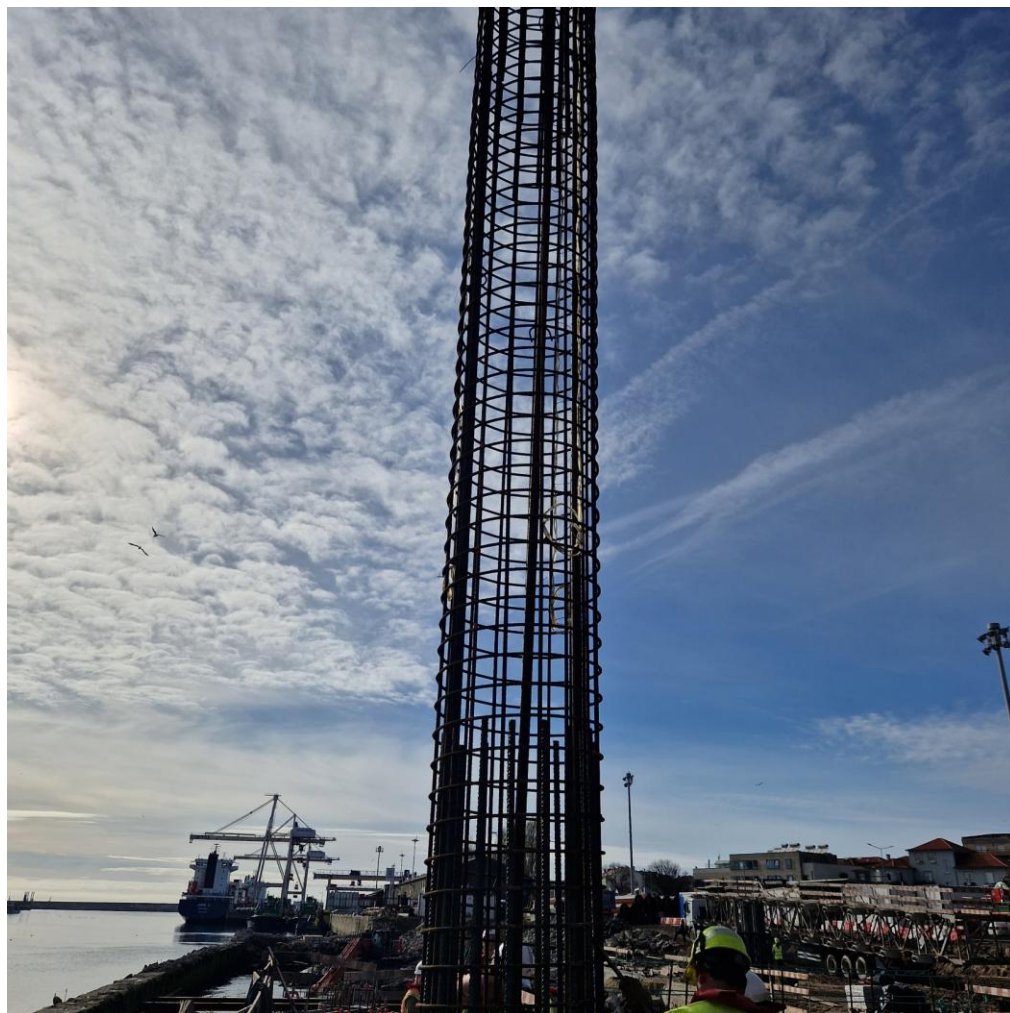
A recolha de dados deve continuar durante o pico de temperatura, podendo a TAG/Tap-Edge serem movidas para o a estaca seguinte assim que o pico for atingido.

Esta estaca atingiu a temperatura máxima aproximadamente 20 horas após a colocação do betão.

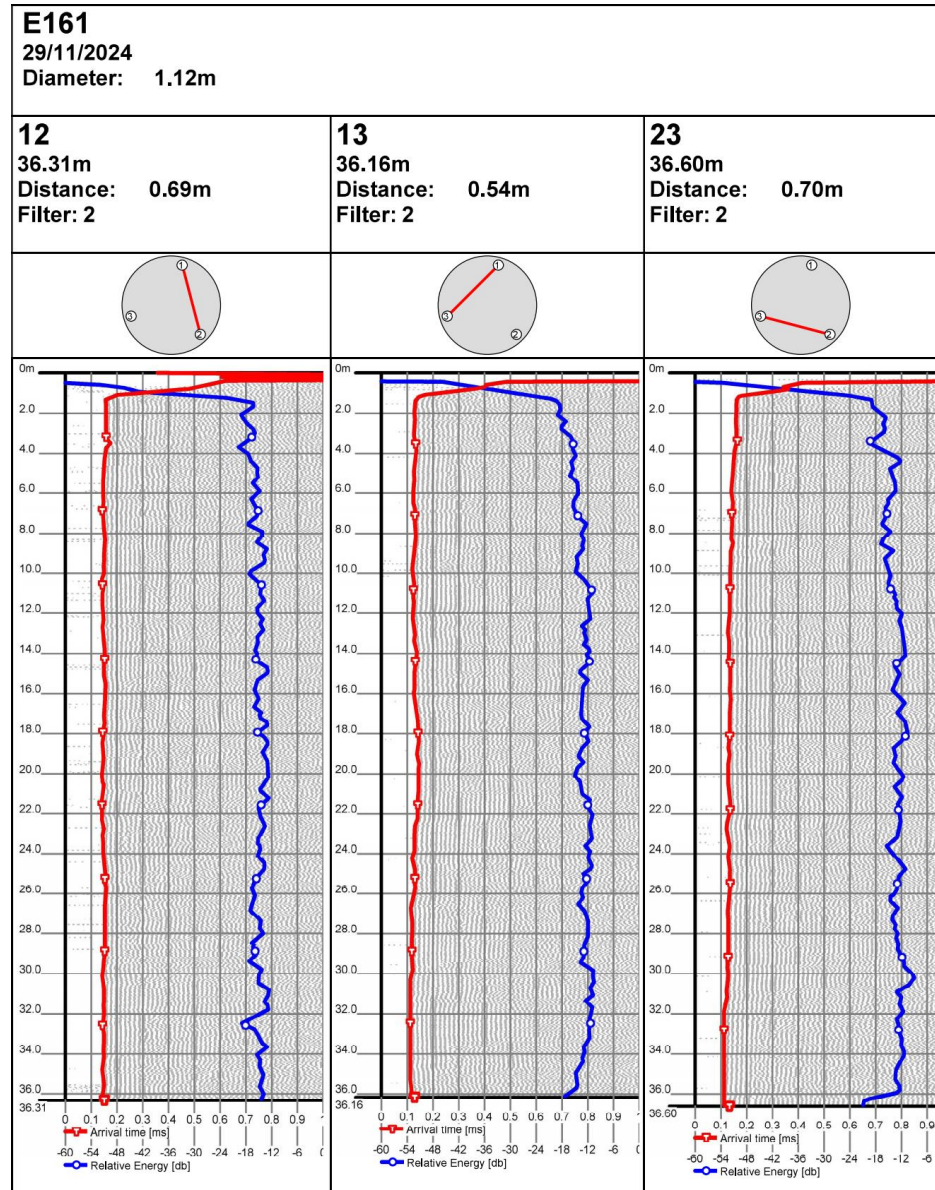




Cross-hole - CSL

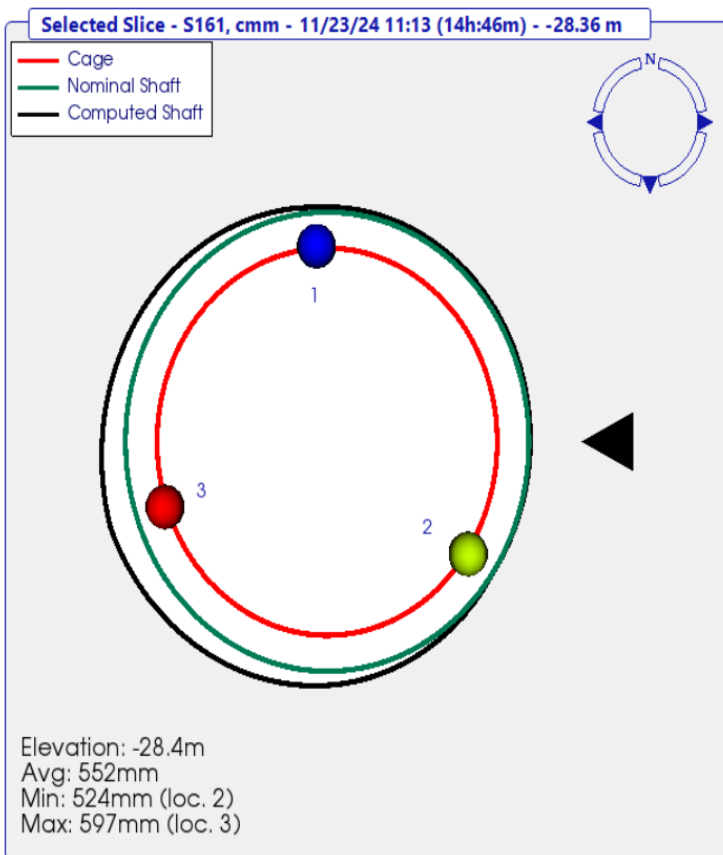


Thermal Integrity Profiling- TIP

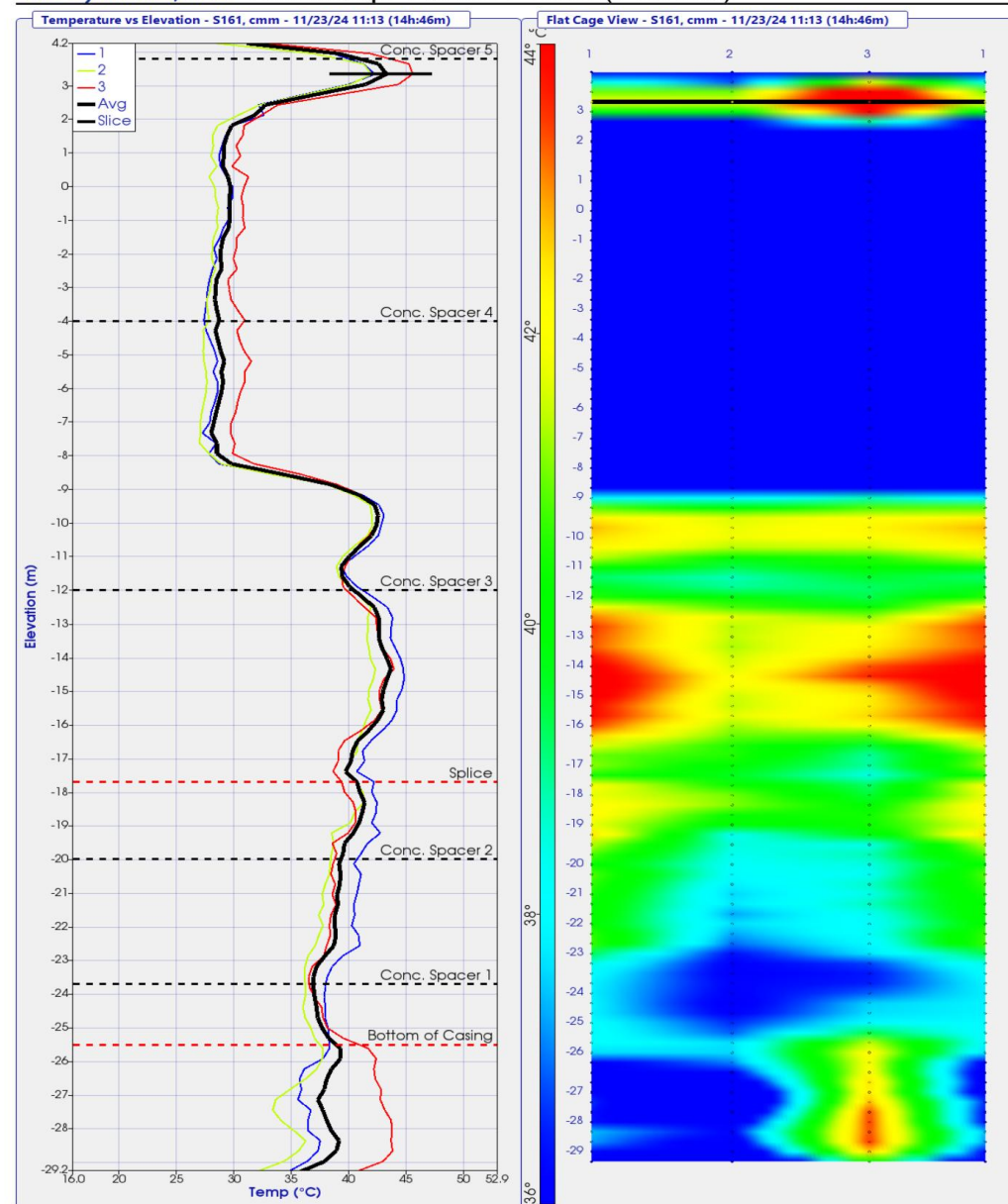


Desalinhamento da armadura na zona da furação em rocha abaixo do casing

Pile Dynamics, Inc.



Pile Dynamics, Inc. Timestamp: 11/23/24 11:13 (14h:46m)



Obrigado

PAULO GRANCHINHO BELO

paulogbelo@geoproviders.pt

www.geoproviders.pt

+351 917 132 984

