cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Influência do histórico térmico transiente na vulcanização de emendas de correias transportadoras reforçadas com cabos de aço

Christiano G. B. Andrade[1]; Gibran C. Vasconcelos[1]; Pedro H. B. da Silva[1]; Hayalla V. Oliveira[1]; Patrick A. Falqueto[2], Rafael D. Pereira[2], José J. Penagos[3], Hélio Wiebeck[1]; Samuel M. Toffoli[1], Ticiane S. Valera[1]*

1.Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais – Escola Politécnica – Universidade de São Paulo
*tsvalera@usp.br; 2. Vale S/A (Vitória – ES); 3. Instituto Tecnológico Vale (Ouro Preto – MG)

Introdução

Emendas vulcanizadas a quente são críticas para a integridade do sistema transportador[1]. O ciclo da emenda pode gerar gradientes térmicos.



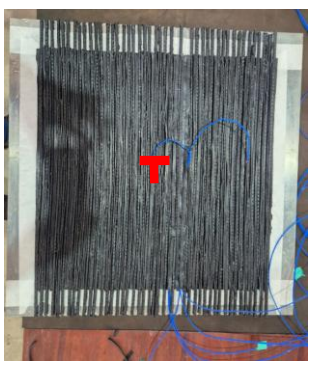
Figura 1 – Representação de correia e da montagem da respectiva emenda.

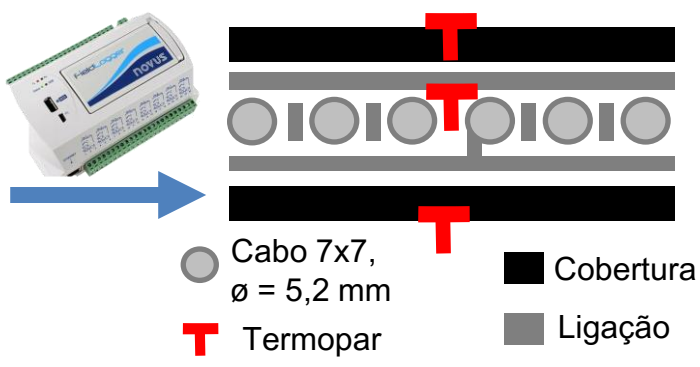
Objetivos

Avaliar o efeito de um perfil de temperatura de campo na vulcanização de emendas com diferentes espessuras e montagens, em escala laboratorial

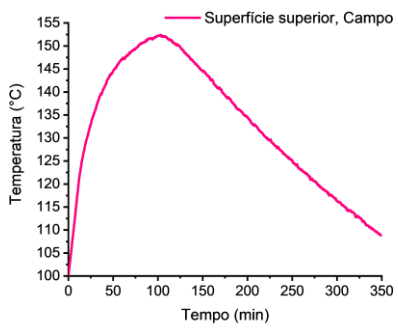
Metodologia

1. Monitoramento do processo de emenda de campo





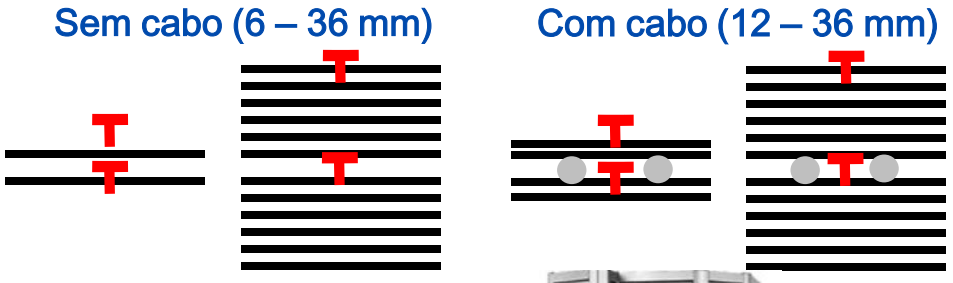
2. Implementação do perfil térmico em prensa laboratorial





3. Vulcanização e monitoramento de emendas com diferentes espessuras totais (6, 12, 18, 24, 30, 36 mm)

Sem cabo (6 – 36 mm) Com cabo (12 – 36 mm)



4. Utilização dos perfis de laboratório para análise de temperatura variável (VTA)



Composto comercial



Analisador de processos de borracha (RPA), TA instruments

Resultados e Discussão

Exemplo de perfis monitorados no centro e determinação do parâmetro "tempo de processo"

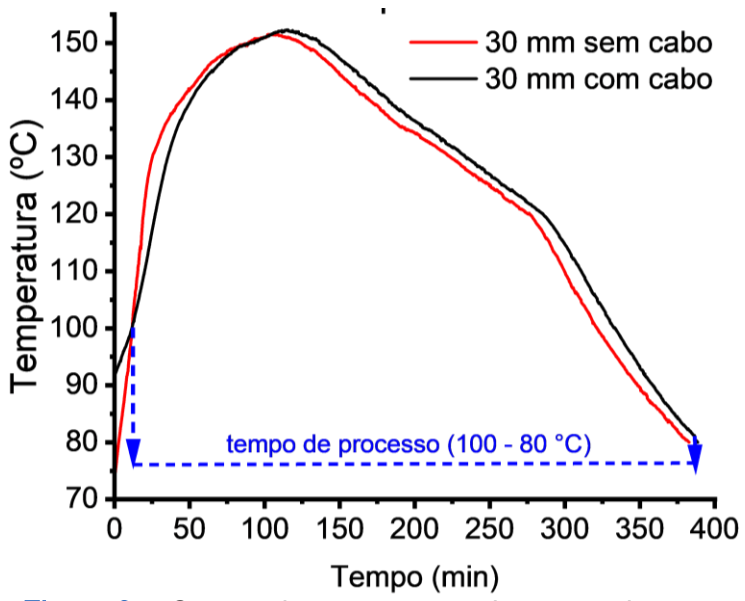


Figura 2 – Curvas de temperatura do centro das montagens com espessura nominal de 30 mm.

- Efeito da espessura total das montagens sobre Δtempo de processo
- Em espessuras menores: Influência do cabo na redução do Δtempo

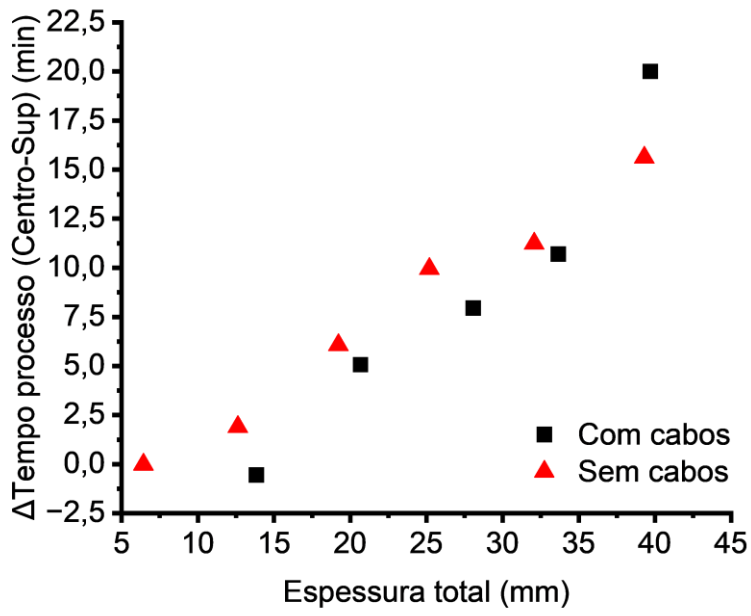


Figura 3 – Influência da espessura total e da utilização de cabos de aço na diferença de tempo de processo entre o centro e a superfície.

- Reometria da borracha de ligação (perfil centro): influência do cabo sobre os tempos de vulcanização → possível impacto na adesão [2]

Tabela 1 – Parâmetros de reometria para borracha de ligação vulcanizada em VTA conforme perfis de temperatura obtidos em laboratório.

Condição	Espessura total nominal (mm)	ΔM (dNm)	t_{s1} (min)	t_{90} (min)	CRI (min^{-1})
sem cabo	6	27,4	26,3	155,8	0,77
	30	26,9	25,9	144,6	0,84
com cabo	12	27,6	25,5	159,7	0,75
	30	26,5	33,4	160,0	0,79

Conclusões

- Maior espessura → maior tempo de residência
- Efeito dissipativo do cabo e atraso na vulcanização
- Prova de conceito em escala laboratorial

Referências e Agradecimentos

[1] LONG, Xinyu *et al*. Quantitative analysis of bond and splice strength of steel cord conveyor belt. **Journal of Adhesion Science and Technology**, v. 34, n. 14, p. 1544-1555, 2020.
[2] JEON, Gyung Soo; SEO, Gon. Influence of cure conditions on the adhesion of rubber compound to brass-plated steel cord. Part I. Cure temperature. **The Journal of Adhesion**, v. 76, n. 3, p. 201-221, 2001.

VALE
INSTITUTO TECNOLÓGICO VALE