



JORNADAS CAUCHO

B O G O T Á 2 0 2 5

**USO DE ZDMA COMO AGENTE DE REFUERZO EN
COMPOSICIONES DE NR/SBR**

Msc. Patricia Cofferi
Instituto SENAI de Polímeros

Desarrollo en elastómeros para aplicaciones críticas

- Adhesión caucho-metal
- Materiales *biobased*
- Materiales avanzados
- Desempeño en condiciones severas
- Soluciones a medida para la industria



Polymer Engineering

Sistema
FIERGS
SESI | SENAI | IEL | CIERGS

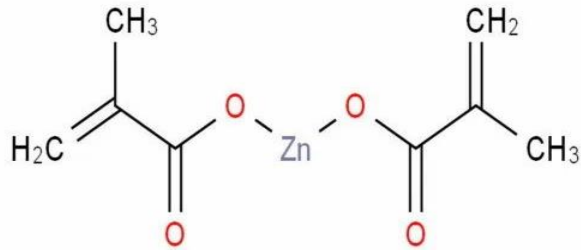
INSTITUTO SENAI
DE INOVAÇÃO
ENGENHARIA DE POLÍMEROS

Contextualização

- Busca por soluções para aprimoramento de propriedades dos materiais;
- Desenvolvimento de novas tecnologias de reforço para aplicações de alta exigência técnica;
- Aumento da vida útil, reduzindo a necessidade de descarte prematuro;
- Foco em aplicações críticas como correias transportadoras e pneumáticos



Dimetacrilato de Zinco (ZDMA)



- Sal metálico carboxilado facilmente ionizável, graftizado e polimerizado;
- Usado como coagente para cura peroxídica;
- Descrito na literatura como um agente de reforço em diferentes elastômeros (HNBR, SBR, EPDM)
- Possibilidade de formação de ligações dinâmicas.

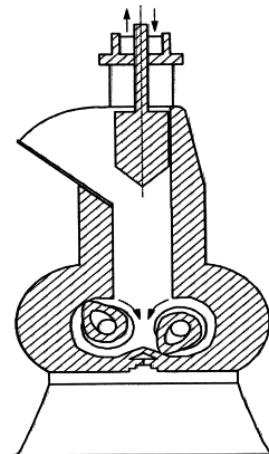
Estudo de Caso

- OBJETIVO: Avaliar o efeito de diferentes teores de ZDMA em uma composição de NR/SBR com uso de sistema Resorcinol/HMMM
 - Propriedades de Cura
 - Propriedades Reológicas
 - Propriedades Físico-mecânicas
 - Propriedades de Reforço e Adesão

Formulação para alta coesão e adesão

Matérias-primas	ZDMA
NR GEB - Plastificada	60
SBR 1502	40
Óleo Aromático	30
Negro de Fumo N 234	30
Sílica Zeosil 185	17
Resina SRF 1501	3
Resimene 747 - HMMM	4,33
6PPD	1
TMQ	1
Óxido de Zinco	5
Ácido esteárico	2
Dimetacrilato de Zinco	Variável
Enxofre ventilado (80%)	2,5
Acelerador TMTD (80%)	0,13
Acelerador MBS (80%)	1,08

Teores de ZDMA, phr			
Dimetacrilato de Zinco	0	1	3

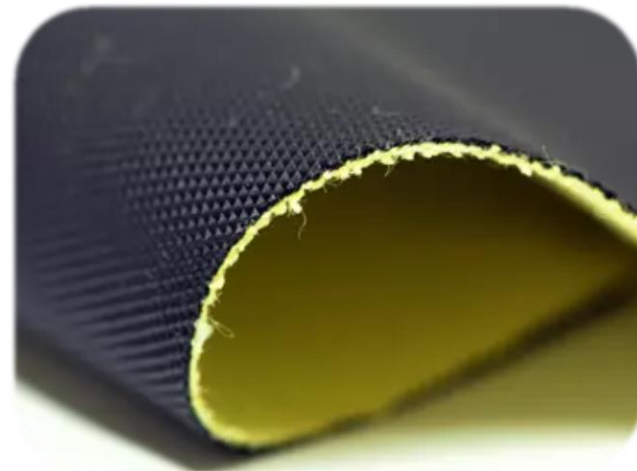
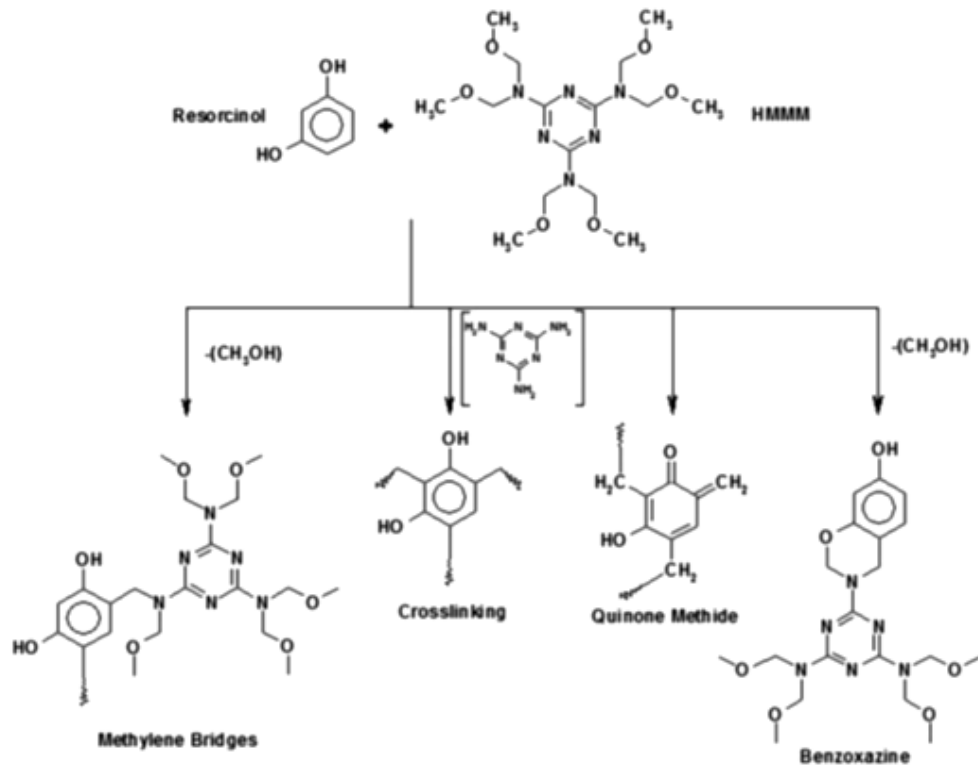


Processo em duas etapas em misturador fechado

80 °C 60 RPM

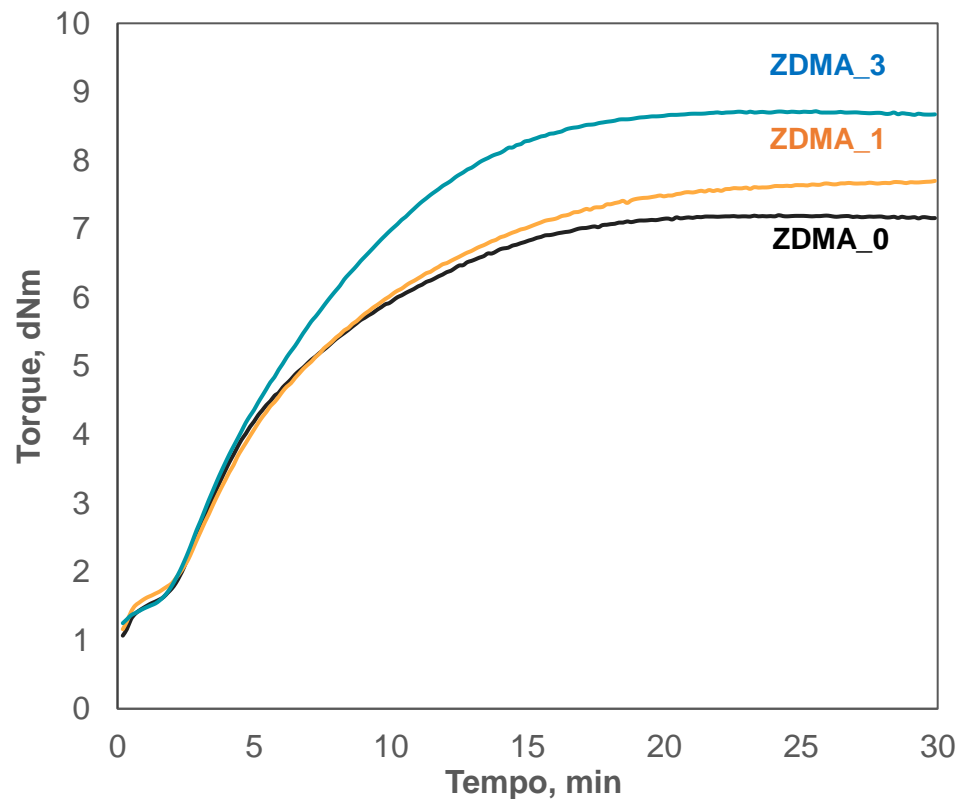
Fator de enchimento de 70%

Sistema de Resorcinol e HMMM



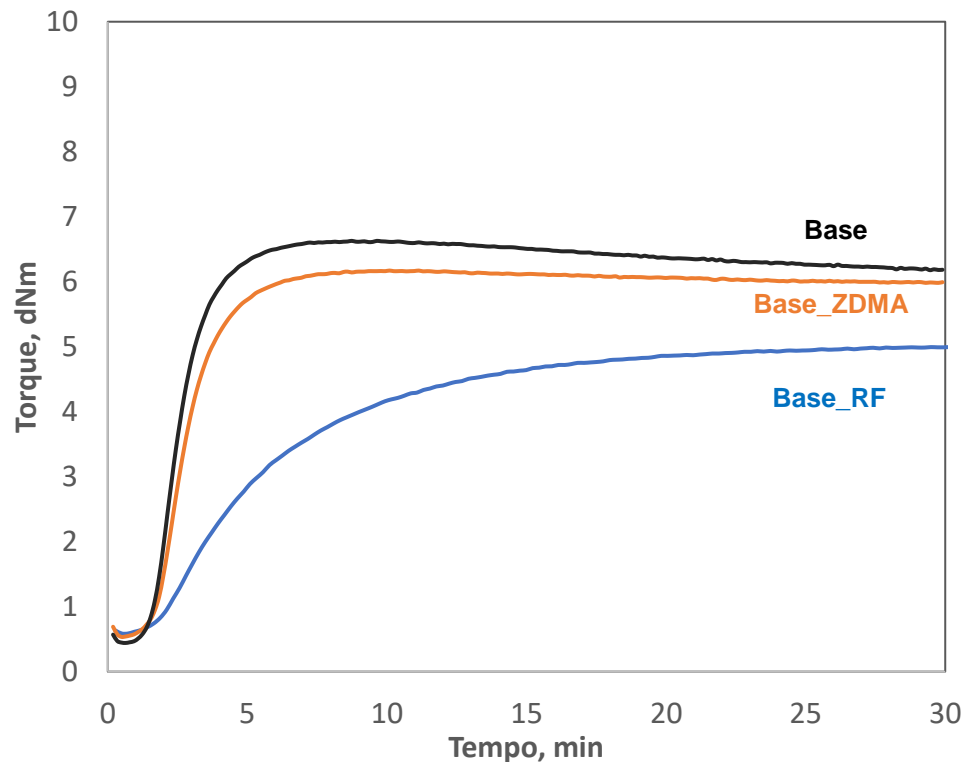
Fonte: Dhanalakshmi & Vijayakuma (2019)

Propriedades Reológicas



Propriedades de cura, 165°C 30 min	ZDMA_0	ZDMA_1	ZDMA_3
ML, dN.m	1,08	0,99	1,24
MH, dN.m	6,70	6,96	8,72
Delta Torque	5,6	6,0	7,5
ts1, min	2,8	2,9	2,5
t90, min	14,9	14,4	13,2

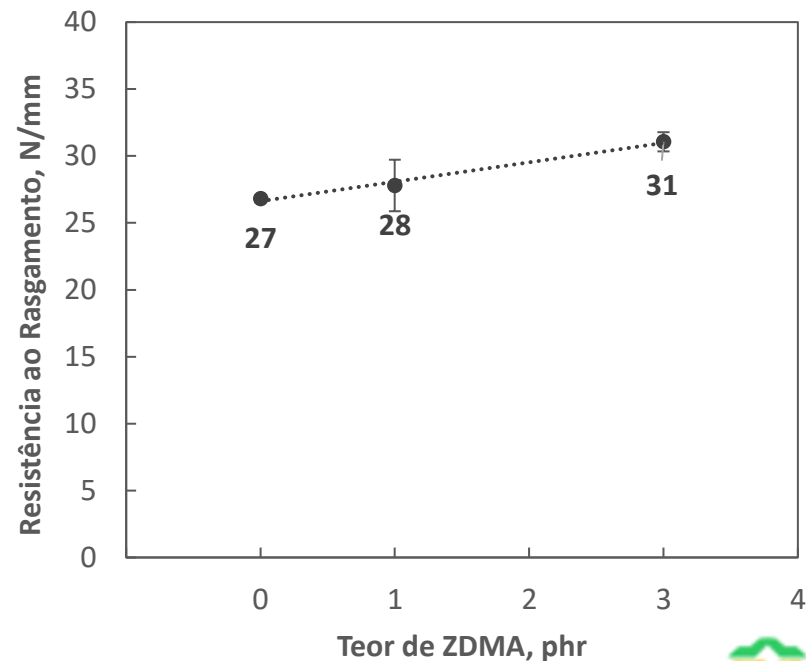
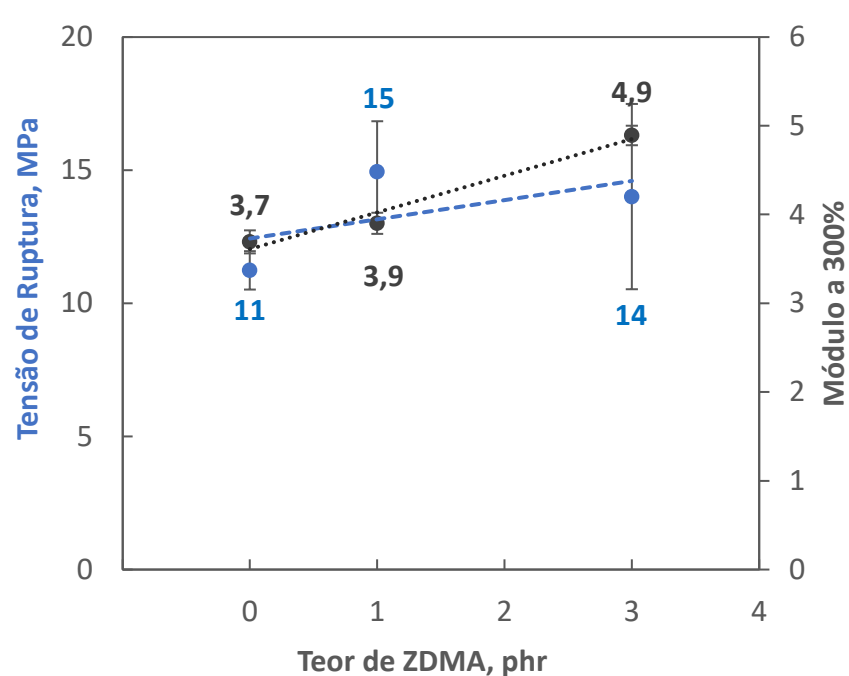
Propriedades Reológicas – Bases sem carga



- Menor torque máximo sugerindo menor na densidade de reticulação devido ao sistema RF
- Maior atraso na cura com o sistema RF

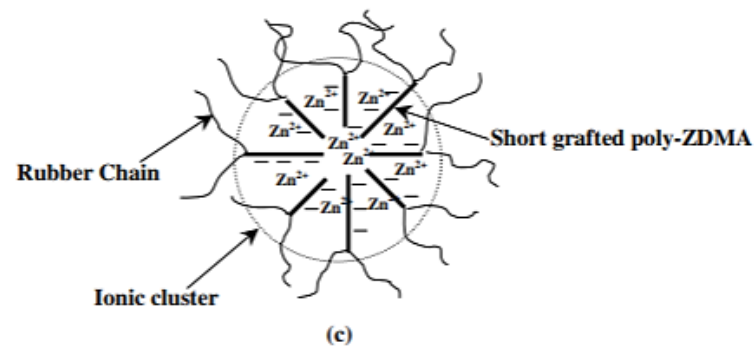
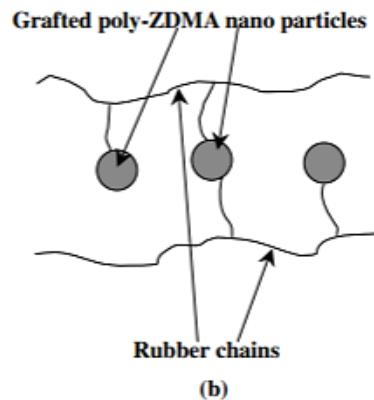
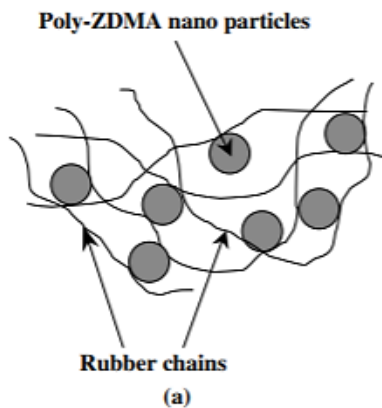
Propriedades de Reforço

- Aumento na TR no módulo e na resistência ao rasgamento



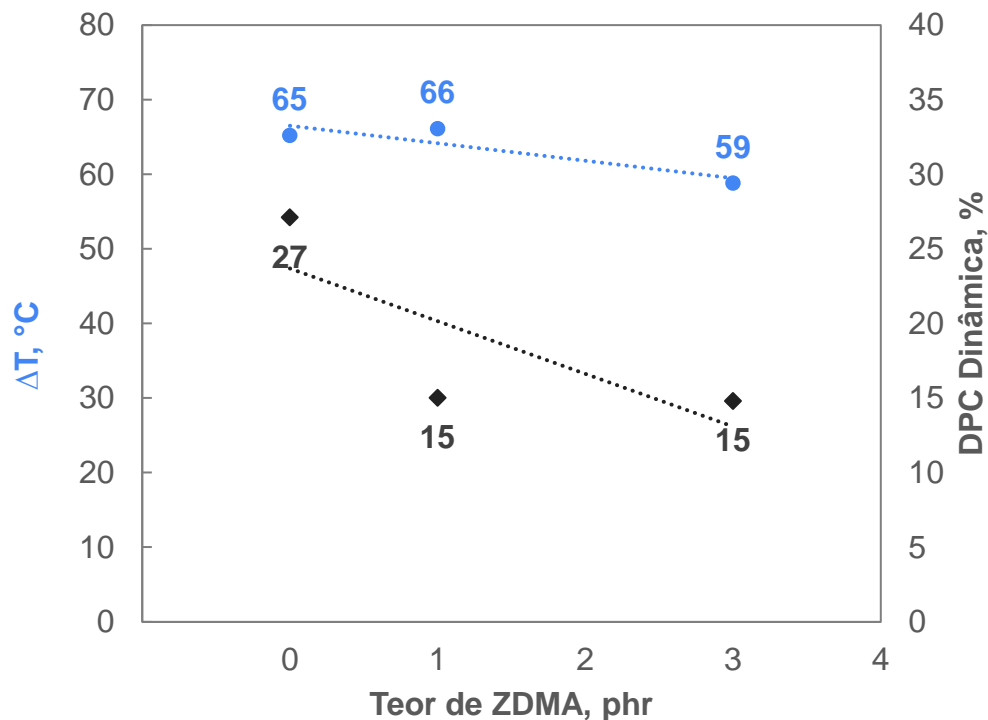
Propriedades de Reforço

Propostas de mecanismos encontrados na literatura



Fonte: Lu et al .(2005)

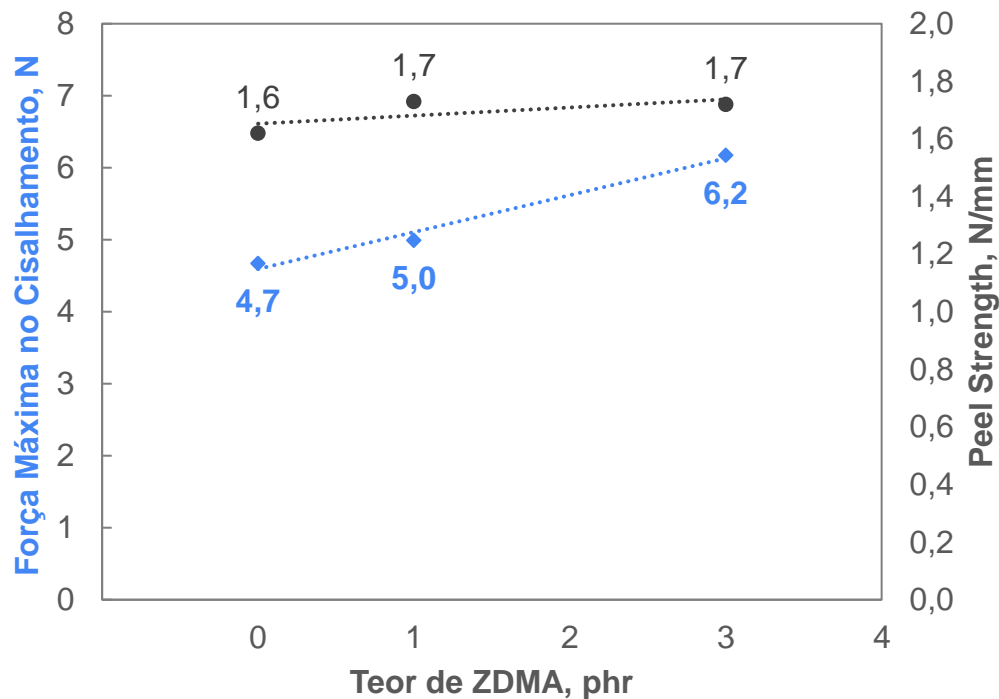
Desenvolvimento de Calor - HBU



❖ Carga média de 245N e frequência de 30Hz

- Redução da variação de temperatura após exposição a ciclagem dinâmica;
- Redução da deformação permanente dinâmica;
- Possivelmente pela maior restrição de movimento das cadeias

Desempenho de adesão ao Poliéster



- Efeito pouco significativo em adesão por T-Peel
- Tendência de aumento de tensão cisalhante, sugerindo aumento de coesão

❖ Avaliação realizada com manta de poliéster não dipada

Considerações Finais

- O uso de ZDMA, mesmo em baixos teores, possibilita o aumento das propriedades mecânicas do composto de borracha (caucho).
- Sendo um aumento de cerca de 15% em resistência ao rasgamento e 32% em força de cisalhamento após adesão ao poliéster;
- Existem diferentes mecanismos que podem explicar este reforço, sendo que se sugere a formação de cluster a partir da interação iônica do ZDMA





Agradecimentos

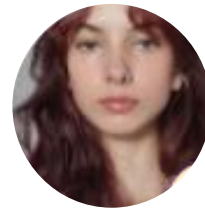
À Sociedade Latino Americana del Caucho
Ao Instituto SENAI de Engenharia de Polímeros
E a Federação das Indústrias do Rio Grande do Sul (FIERGS)



Mauro C. Ávila



Christian F. Voss



Alice T. dos
Santos



Jordão Gheller Jr



JORNADAS CAUCHO
B O G O T Á 2 0 2 5

Gracias / Thank you

Patrícia Coffferri

Instituto SENAI de Engenharia de Polímeros

E-mail: patricia.coffferri@senairs.org.br