

Influência das Condições Ambientais Sobre a Umidade e Temperatura em Bobinas de Cartão.

Rui Cezar Frazão do Nascimento
Claudinei C. Bueno
Ivo Neitzel



Departamento de Engenharia Química
Faculdade de Telêmaco Borba
Telêmaco Borba
Paraná
Brasil



Departamento de Engenharia Química

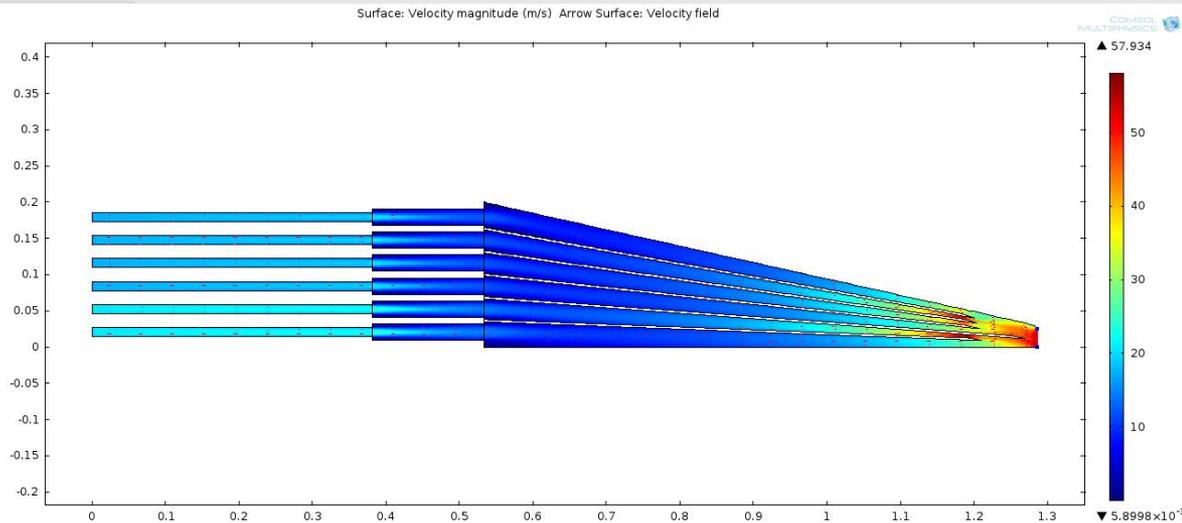
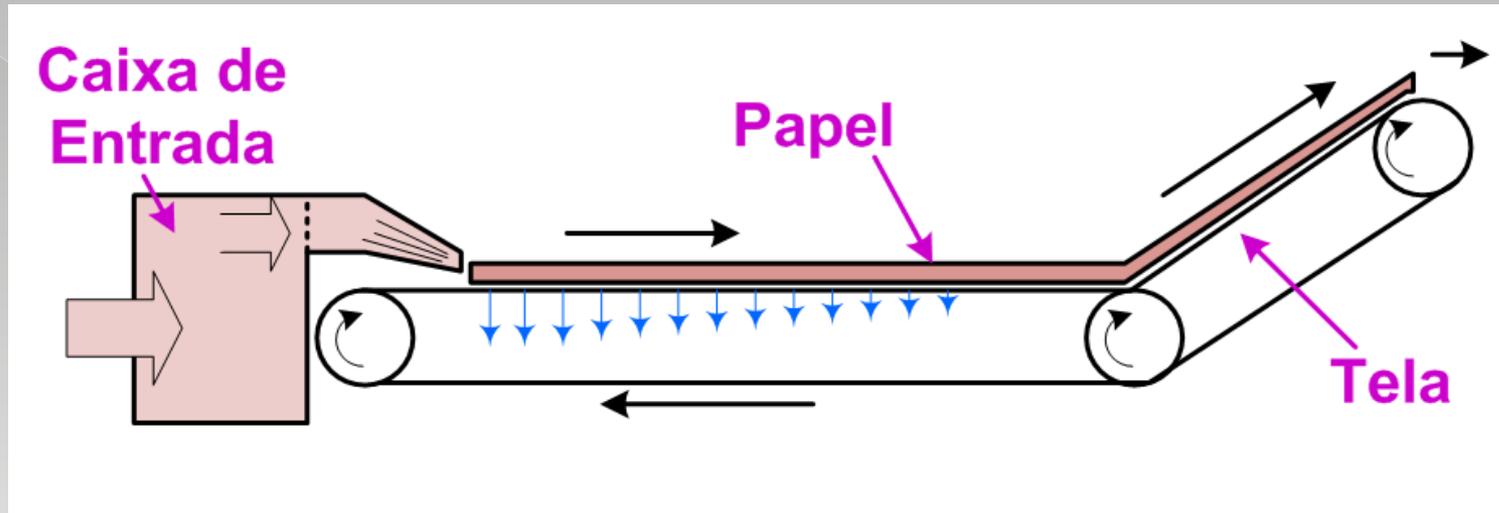
Curso de Engenharia Química
com ênfase em processos de fabricação
de celulose e papel

Curso de especialização em Processos de
fabricação de celulose e papel

Curso técnico em celulose e papel

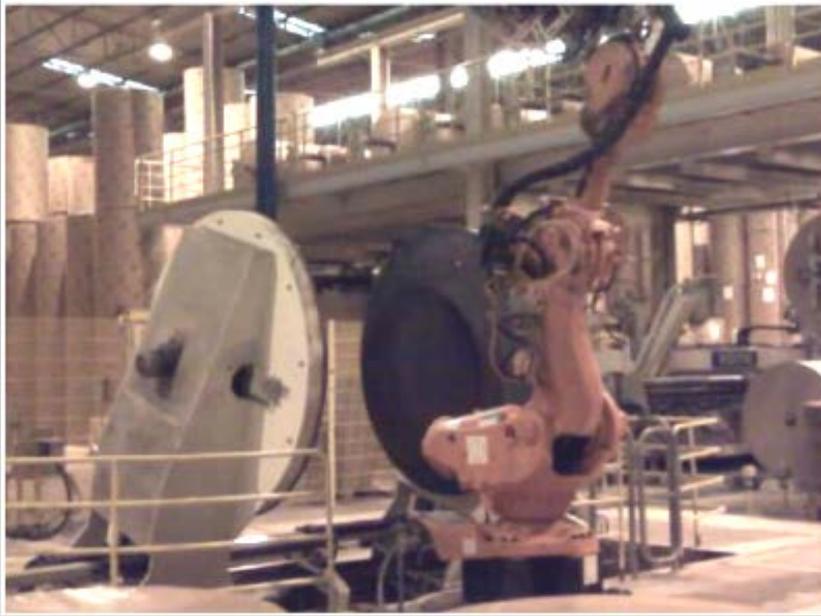
Centro de pesquisa em fabricação
de celulose e papel

Simulação Fenomenológica em Processos de Fabricação de Celulose e Papel

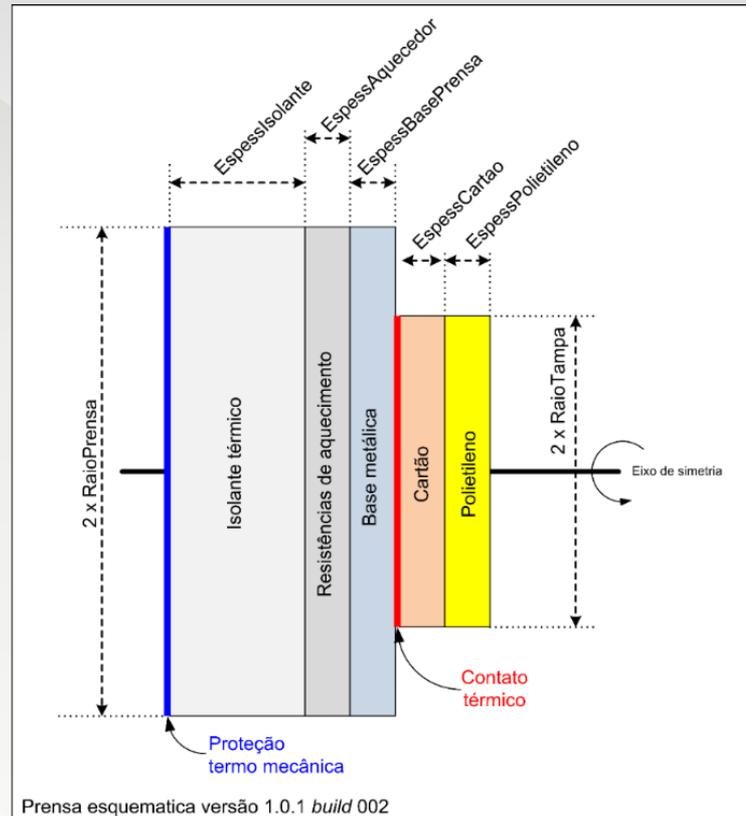
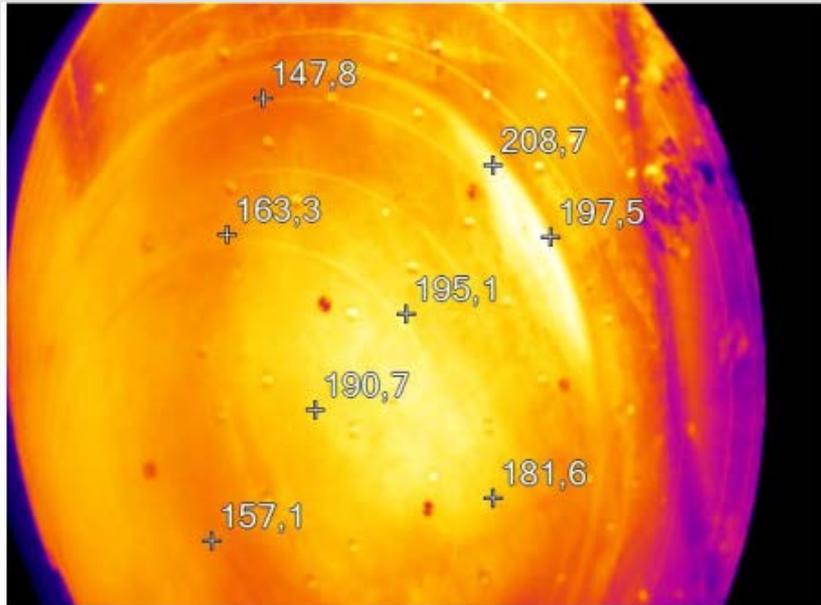


Estudo do escoamento na caixa de entrada:
Escoamento Turbulento + Mecânica Estrutural + FSI + Particle Tracing

Simulação Fenomenológica em Processos de Fabricação de Celulose e Papel

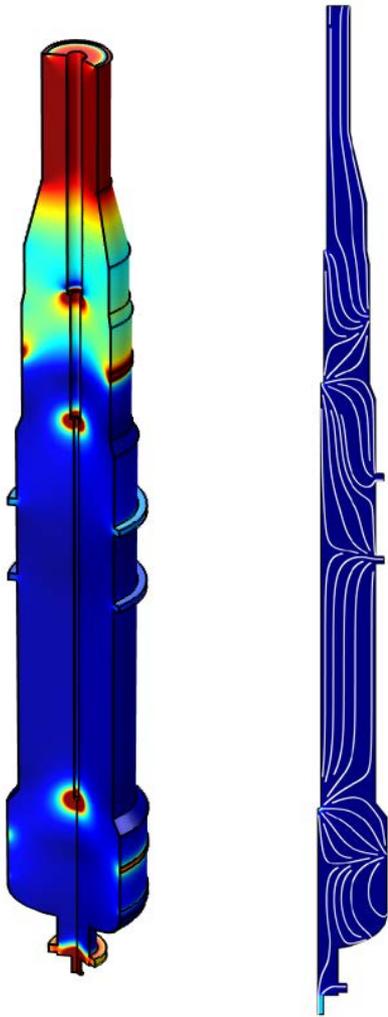


Escoamento laminar não isotérmico e otimização

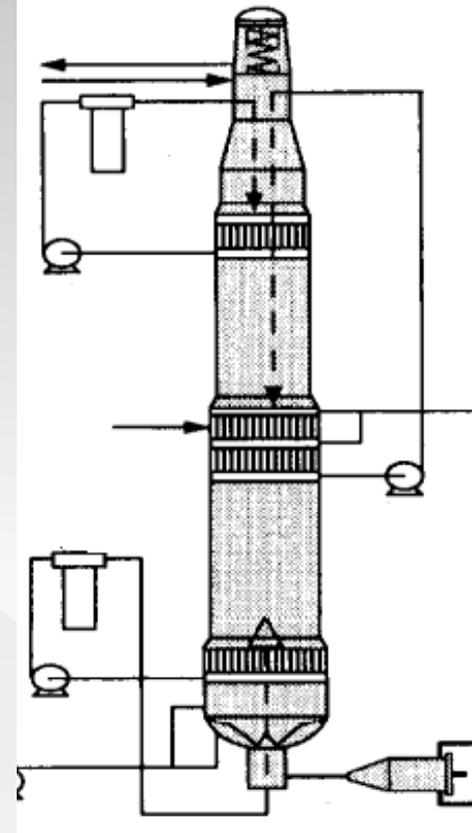


Simulação Fenomenológica em Processos de Fabricação de Celulose e Papel

iniciando



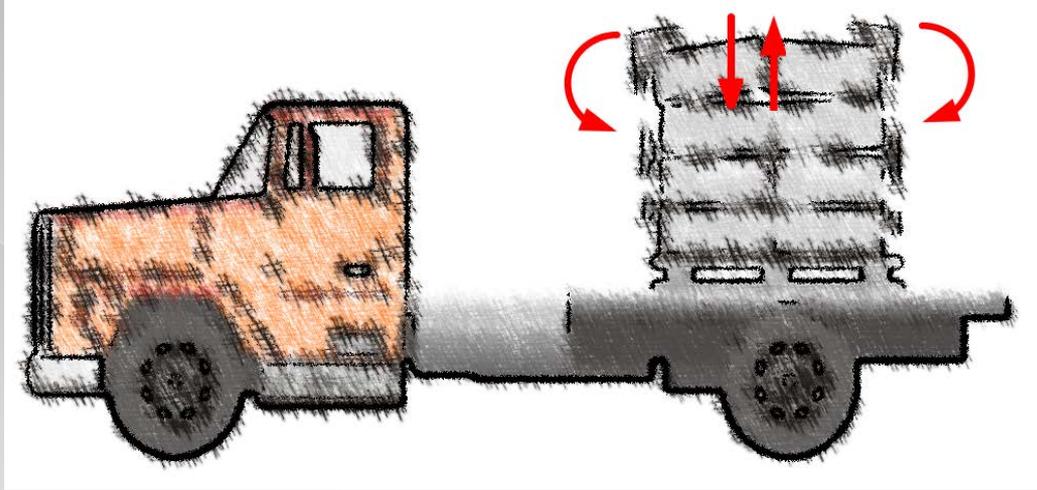
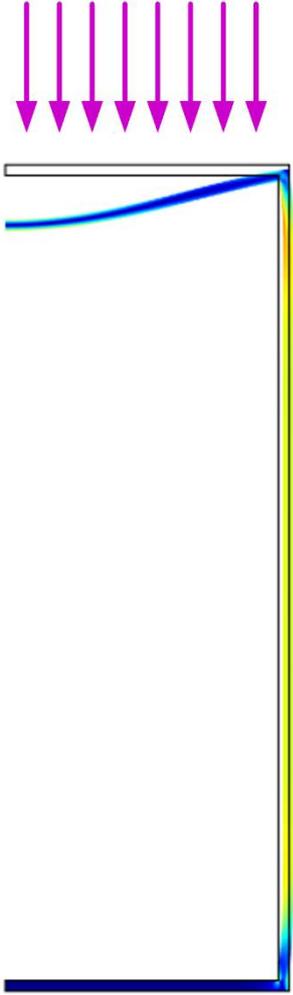
Fluidodinâmica
Transferência de calor
Reação química



digestor

Simulação Fenomenológica em Processos de Fabricação de Celulose e Papel

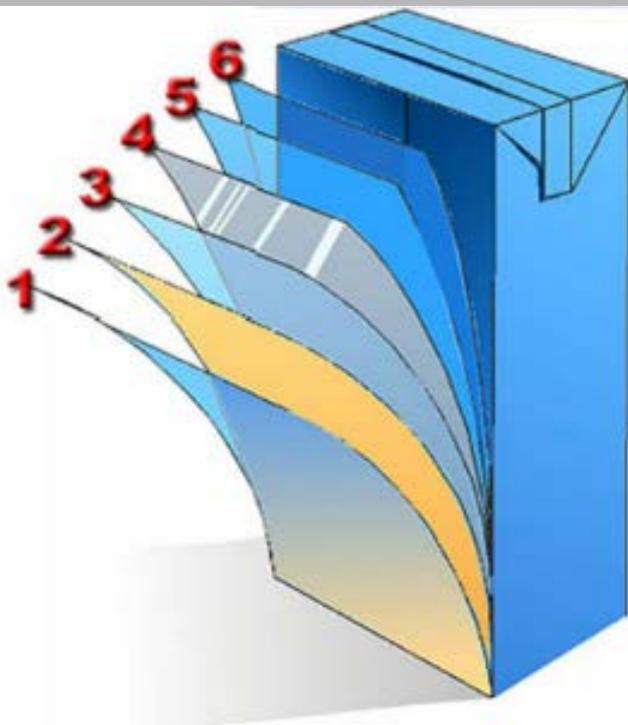
iniciando



Deformação de uma embalagem com líquido sob ação de carga externa.

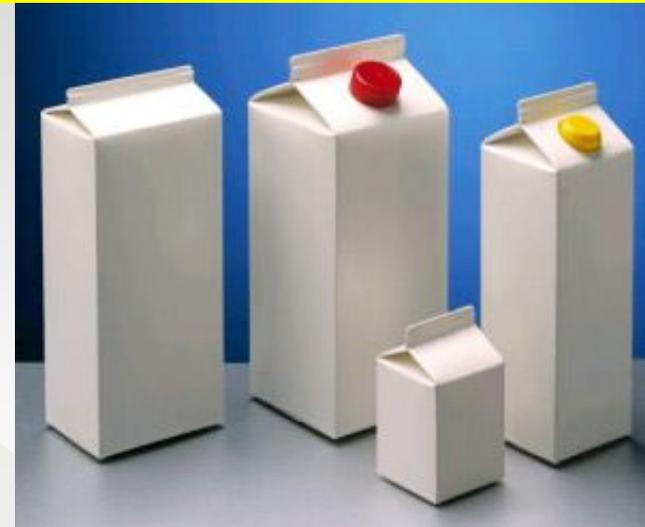
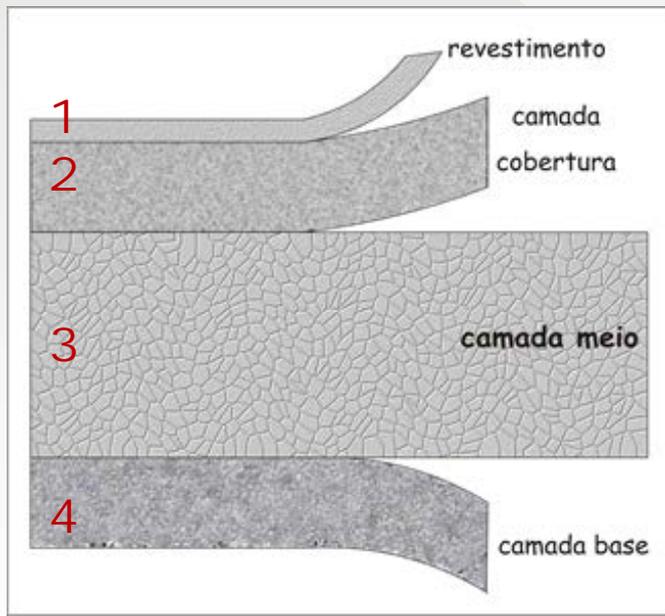


Influência das Condições Ambientais Sobre a Umidade e Temperatura em Bobinas de Cartão.



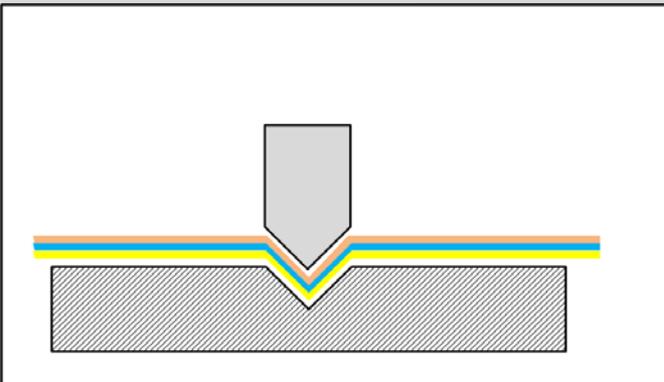
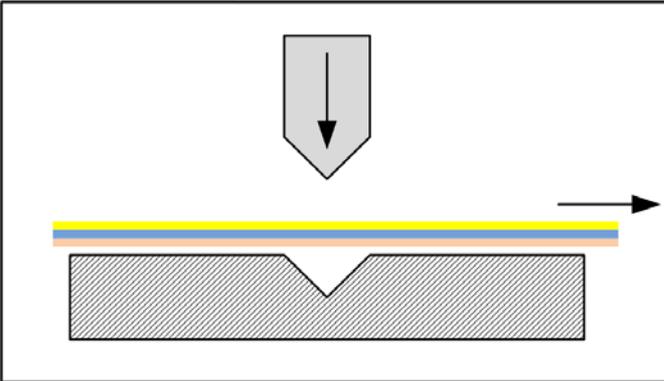
Compósito multicamadas

Típico

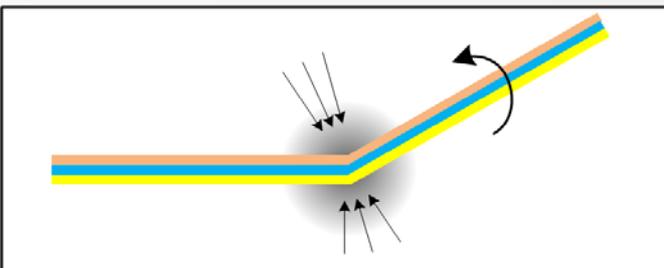


Embalagem com LPB

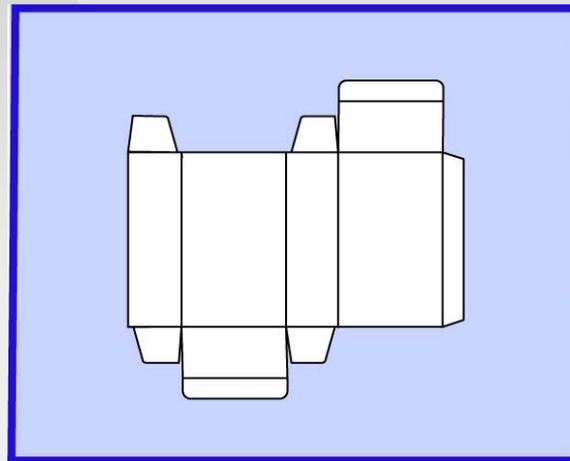
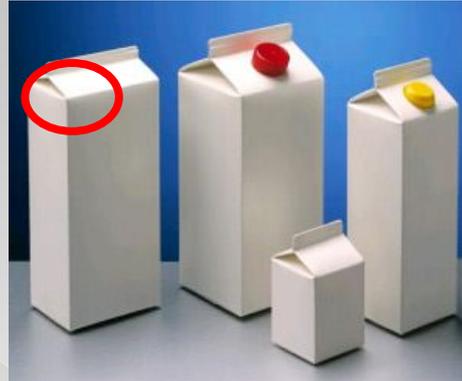
Vincagem



Dobragem



Embalagem com LPB



"Reverse Tuck Carton". Via Wikipedia - http://en.wikipedia.org/wiki/File:Reverse_Tuck_Carton.jpg#mediaviewer/File:Reverse_Tuck_Carton.jpg

O problema.

Trinca - *eventual*



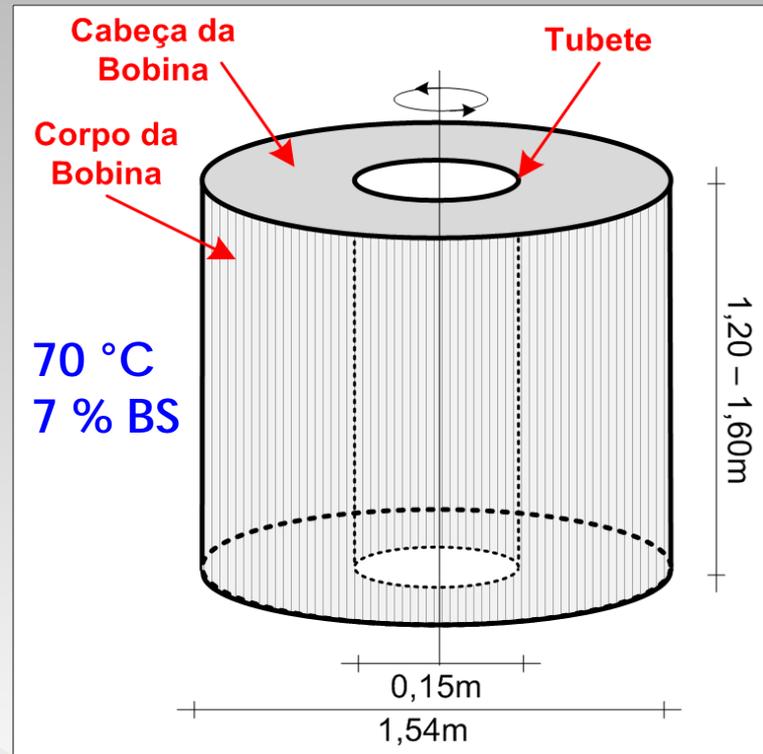
Uma trinca compromete a embalagem e o material acondicionado nela.

Influência das Condições Ambientais Sobre a Umidade e Temperatura em Bobinas de Cartão.



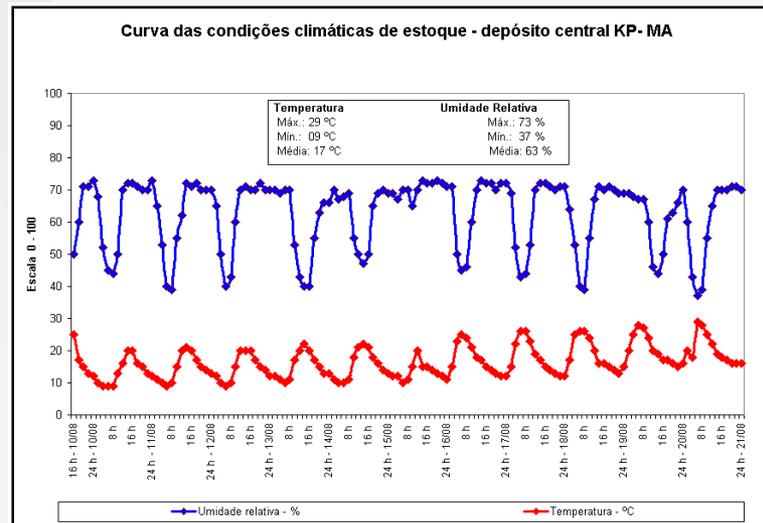
Rolo Jumbo

Dimensões e condições típicas

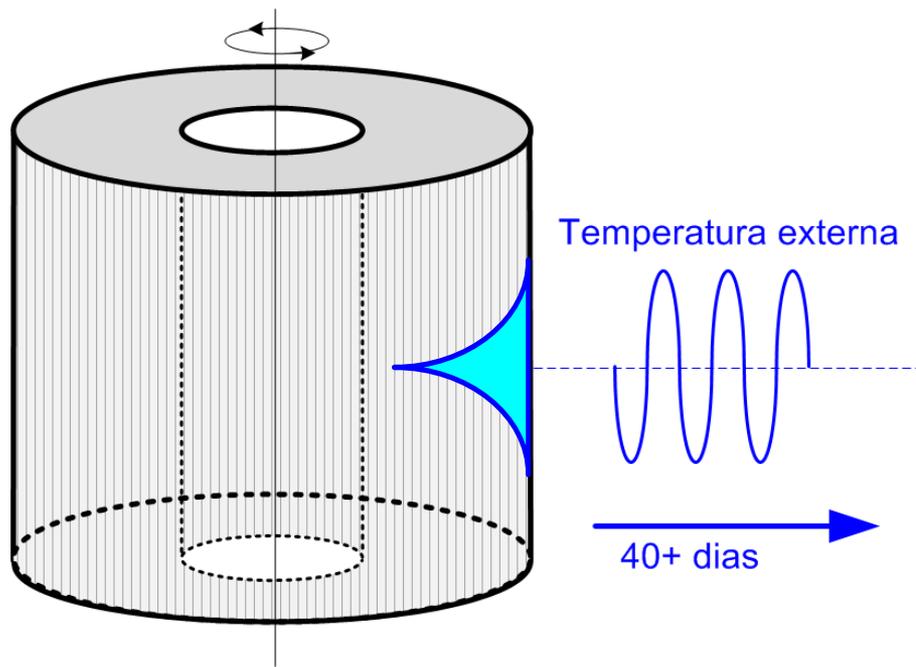


Bobina cortada

Temperatura e Umidade Ambiente



Bobina Estocada no Armazém



Evidências empíricas.

O comportamento cíclico da temperatura externa provoca um comportamento semelhante no interior da bobina cuja penetração depende das propriedades físicas do cartão.

A umidade do cartão, inicialmente "homogênea", também tem um comportamento semelhante.

A região da bobina exposta à este comportamento é potencialmente mais vulnerável a apresentar trincas durante o processo vincagem-dobra.

Objetivo da pesquisa

Representar, por meio de simulação numérica, o comportamento umidade – temperatura e sua influência sobre as características elasto-mecanicas do cartão levando à perda da elasticidade do material de forma a favorecer o aparecimento de trincas.

Esta não é a única causa para o aparecimento das trincas.

ETAPAS

Construção, validação e simplificação do modelo para transferência de calor e massa

Análise de frequência em relação à temperatura ambiente

Construção, validação e simplificação do modelo “elasto-mecânico”

O papel é uma matriz porosa, anisotrópica e estocástica de fibras de celulose.

A movimentação de líquidos - *água* - no papel, em baixas concentrações, tem suficiente importância técnica para ser analisada quantitativamente.

Esta movimentação pode ser descrita com escoamento capilar, mecanismos difusivos ou uma mistura de ambos juntamente com ponderações termodinâmicas.

A descrição da penetração e movimentação de água na forma líquida em papéis *densos* é feita predominantemente por mecanismos *difusivos* [Lyne, 2002].

A literatura cita muitos modelos para descrever a secagem de papel.

Poucos modelos tratam de cartão multicamada.

Os modelos descrevem situações de um folha isolada.

Estes modelos envolvem muitos parâmetros dificilmente mensuráveis.

Mesmo a temperatura e a umidade do cartão são variáveis de difícil medição em condições reais de estocagem industrial.

Foi proposto e validado um modelo simples para descrição da umidade e temperatura da bobina de cartão.

Complexidade do modelo
Quantidade de parâmetros
Precisão das medidas experimentais

A validação do modelo *destruiu* aproximadamente 30 toneladas de cartão, demorou cerca de 60 dias e envolveu os laboratórios de diversas empresas no Brasil e USA.

$$\frac{\partial(C)}{\partial t} = -\nabla \cdot \Gamma_C$$

Evidencia
empírica

$$\Gamma_C = -D_{A-effective} \cdot \nabla C - \alpha \cdot \nabla T$$

$$n \cdot \Gamma_C \Big|_{r=R_{external}} = 0$$

$$n \cdot \Gamma_C \Big|_{r=R_{internal}} = 0$$

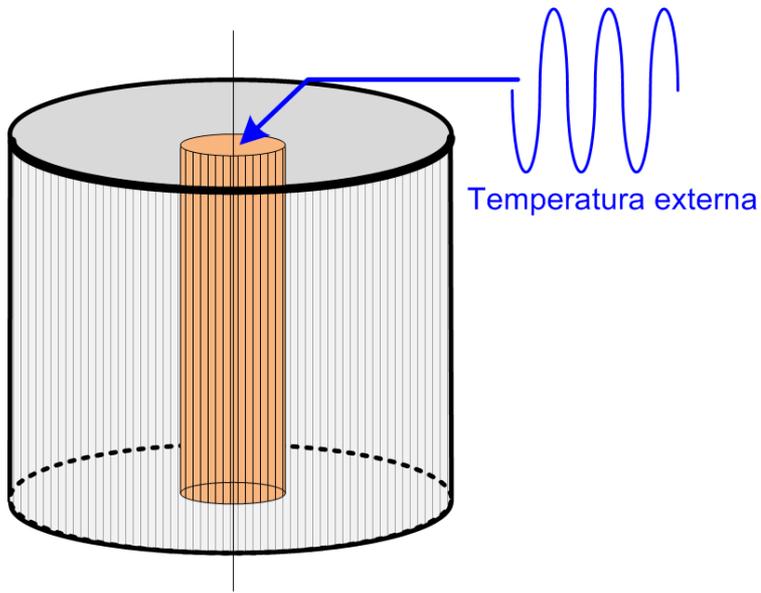
$$\frac{\partial(\rho \cdot \hat{C}_P \cdot T)}{\partial t} = -\nabla \cdot \Gamma_T$$

$$\Gamma_T = -k \cdot \nabla T$$

$$n \cdot \Gamma_T \Big|_{r=R_{ext}} = h_{ext} (T(t, R_{ext}) - T_{ext})$$

$$n \cdot \Gamma_T \Big|_{r=R_{int}} = h_{int} \cdot (T(t, R_{int}) - T_{int})$$

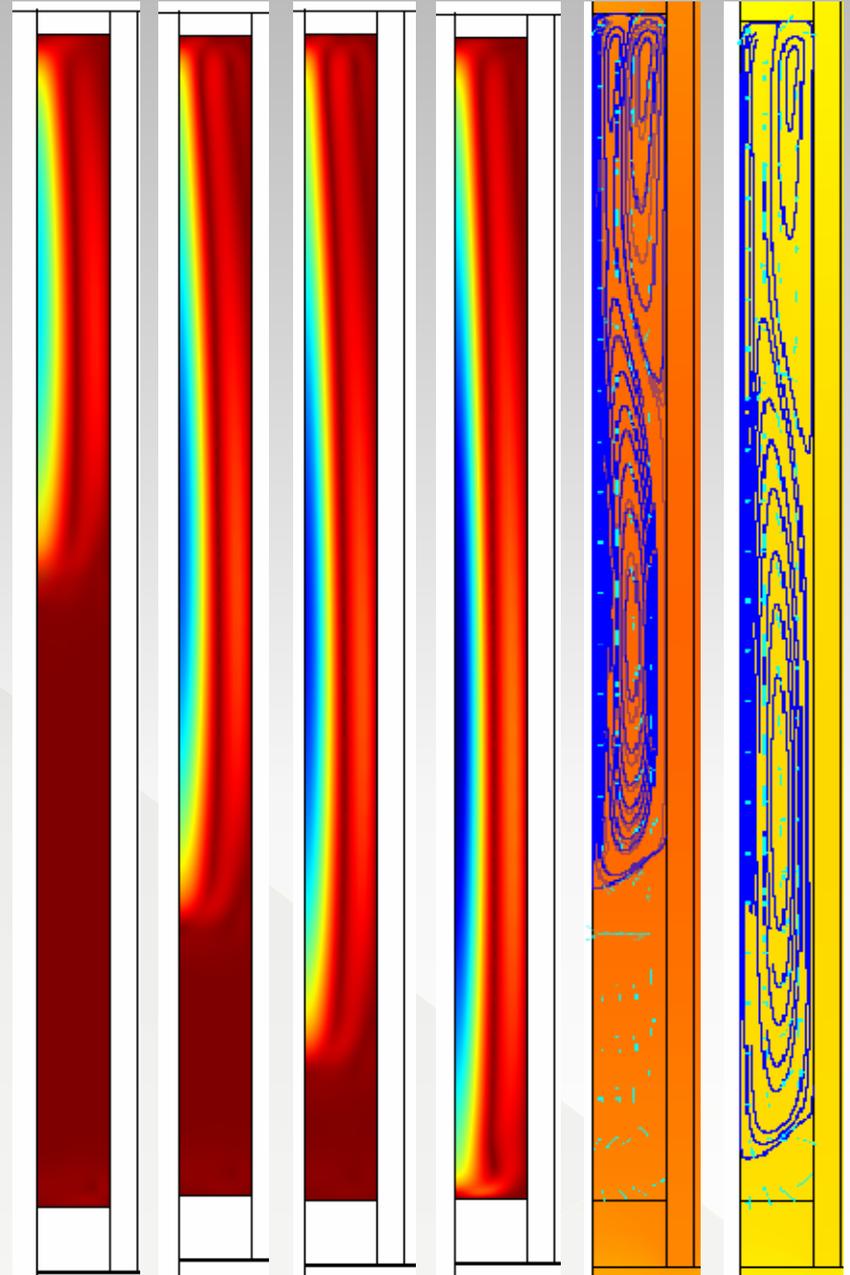
Propriedades físicas variáveis com a temperatura e umidade.



Estudo do comportamento *médio* da temperatura do ar interno ao tubete em decorrência da temperatura externa do ambiente

Simulação demorada: 72 horas

Procura de uma solução simplificada

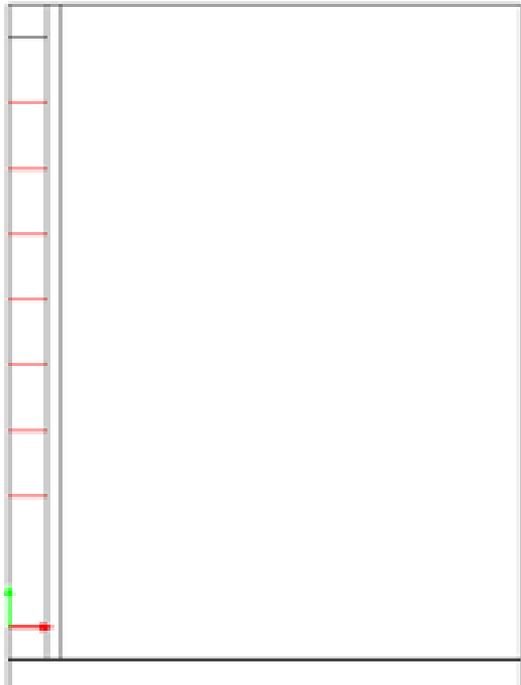
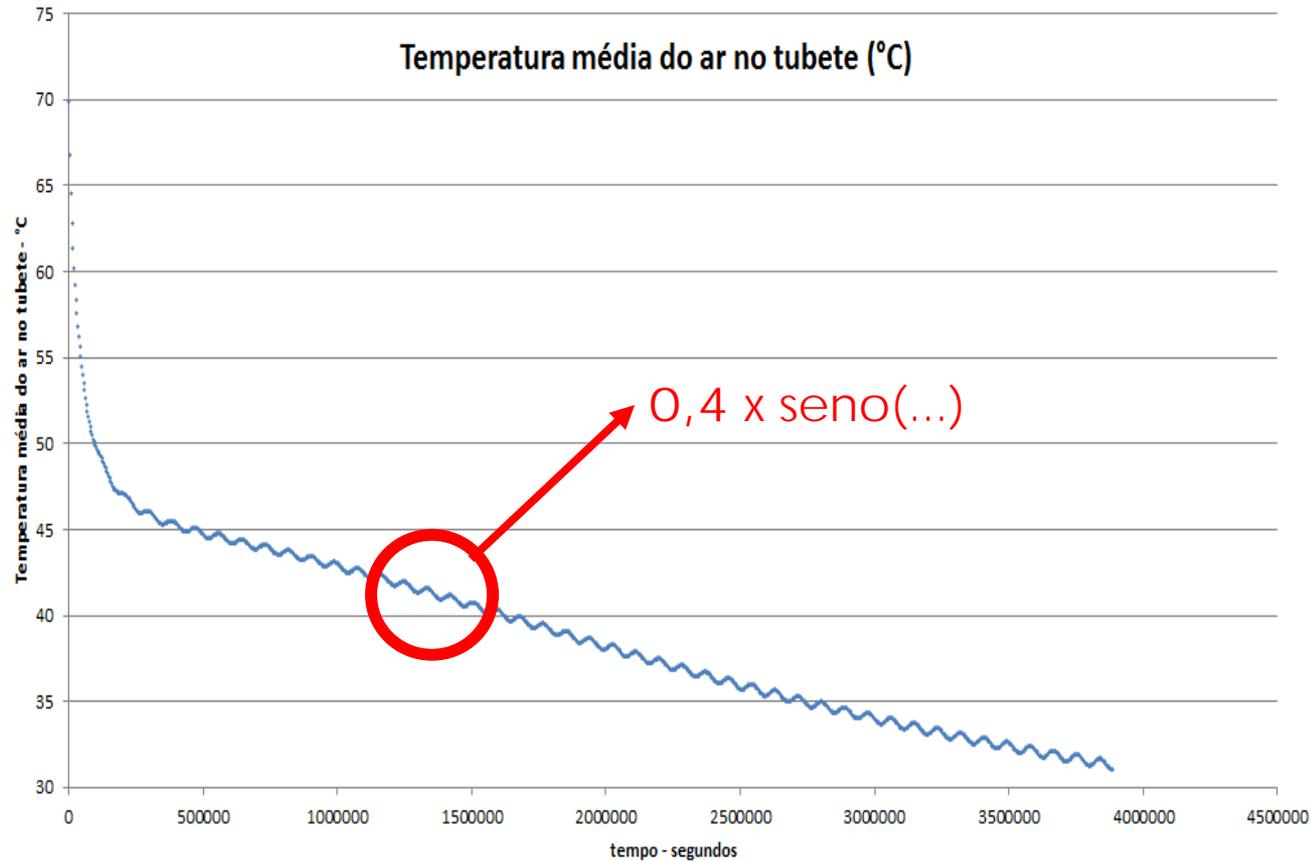


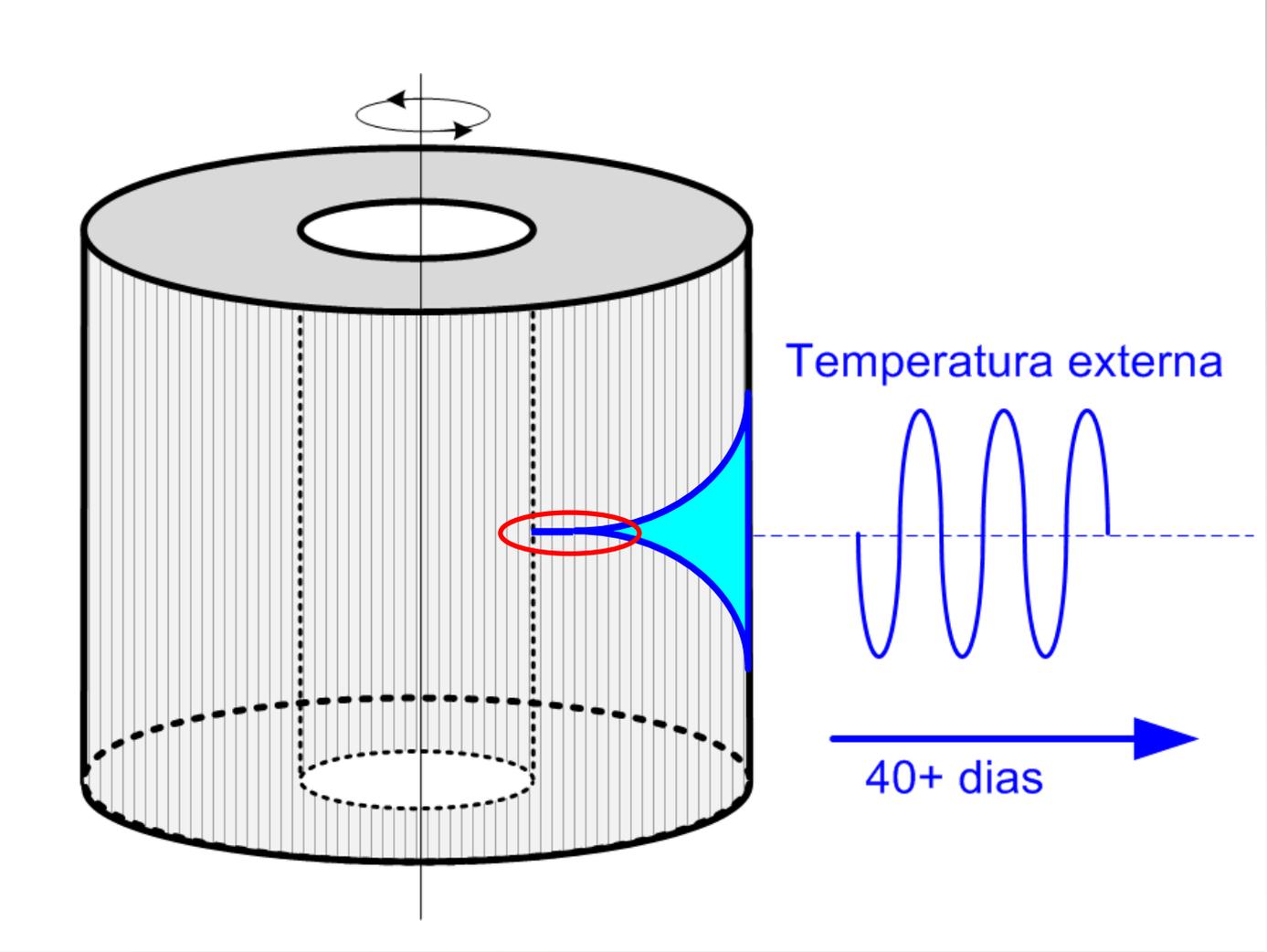
Cálculo da temperatura em diversos pontos "z"

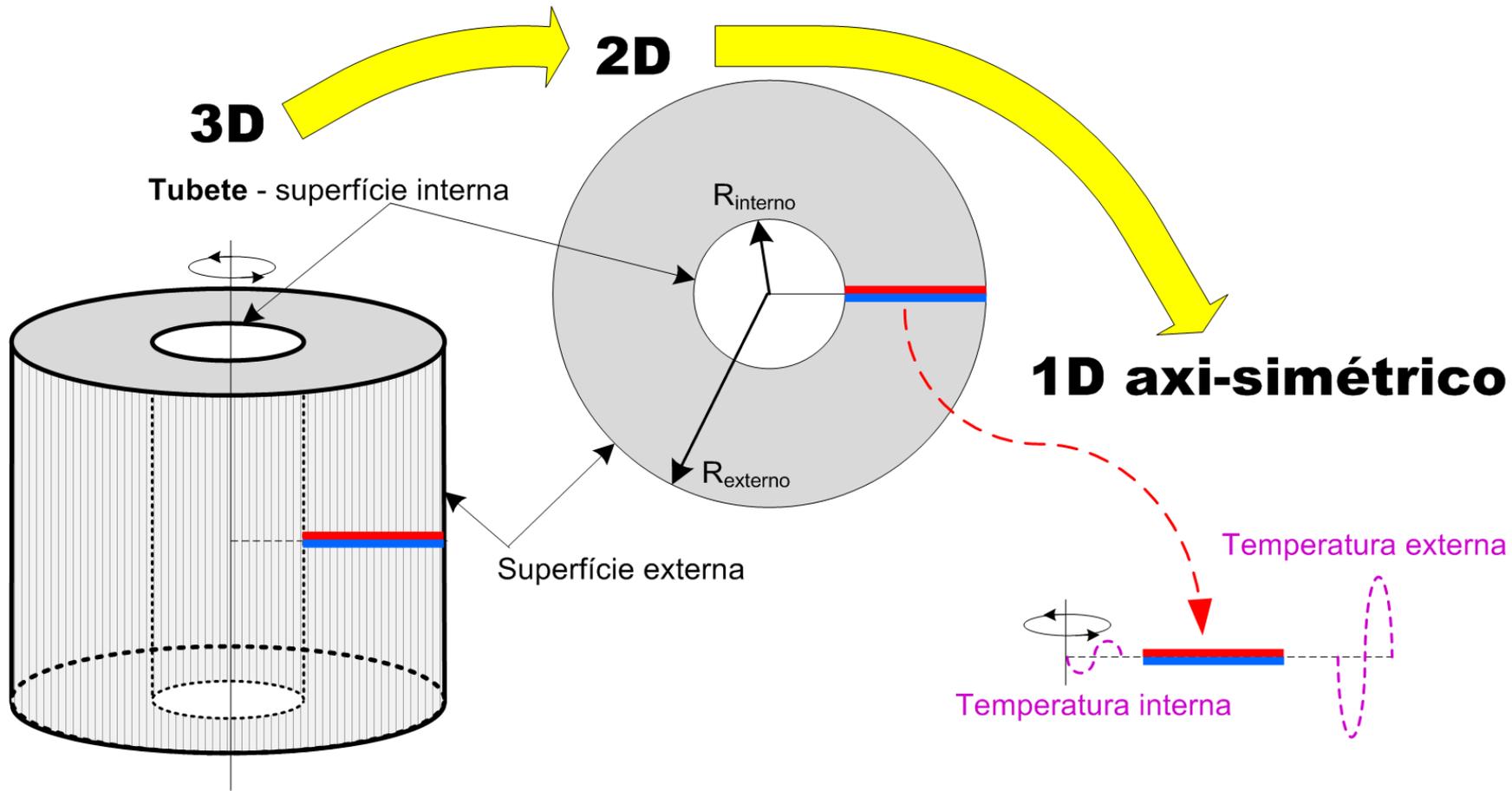
Cálculo da temperatura média no eixo "z"

Resposta de frequência do modelo a parâmetros agrupados ("lumped") \Leftrightarrow ordem de grandeza semelhante

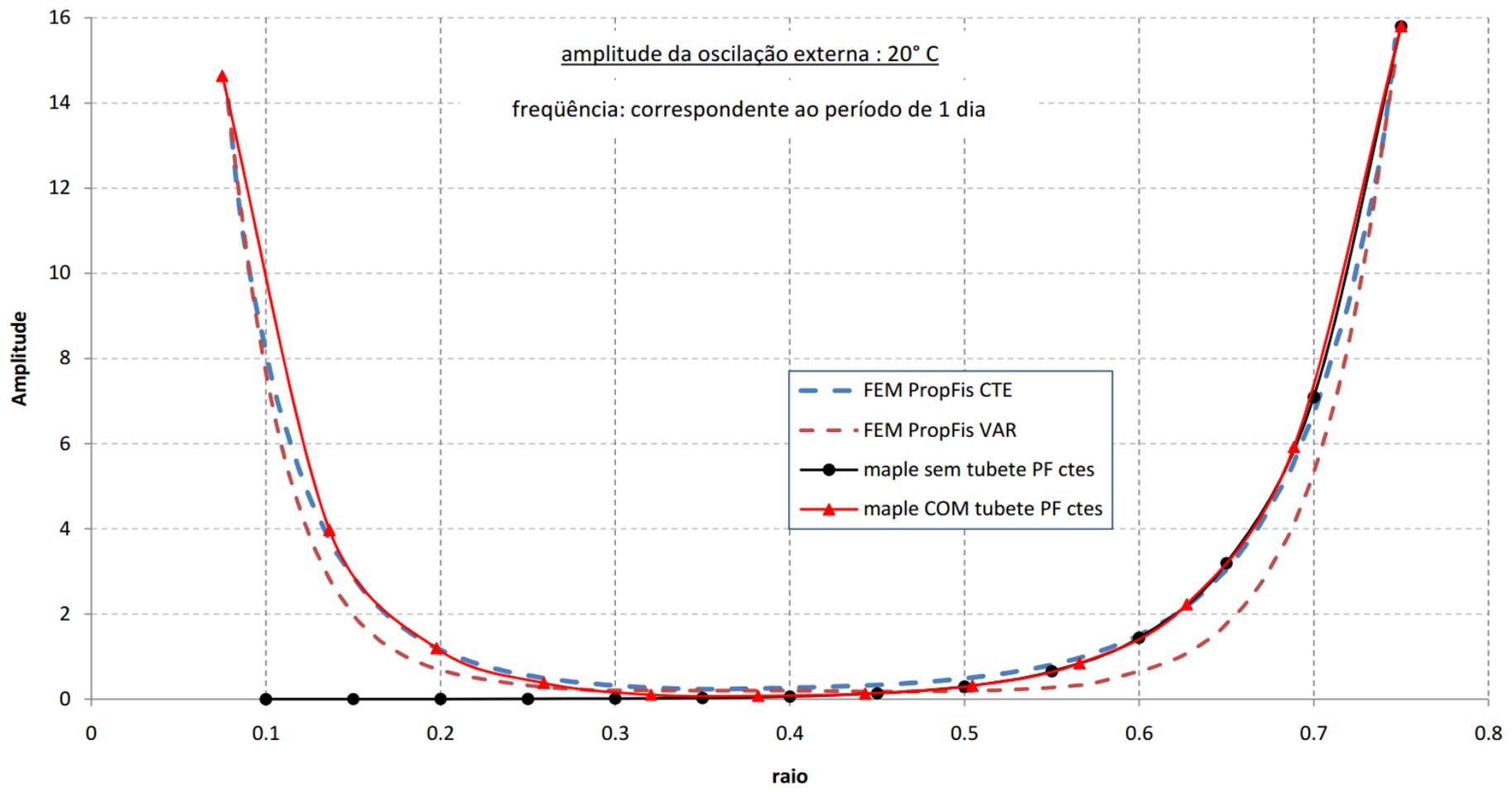
Temperatura na face interna do tubete ao longo do eixo z







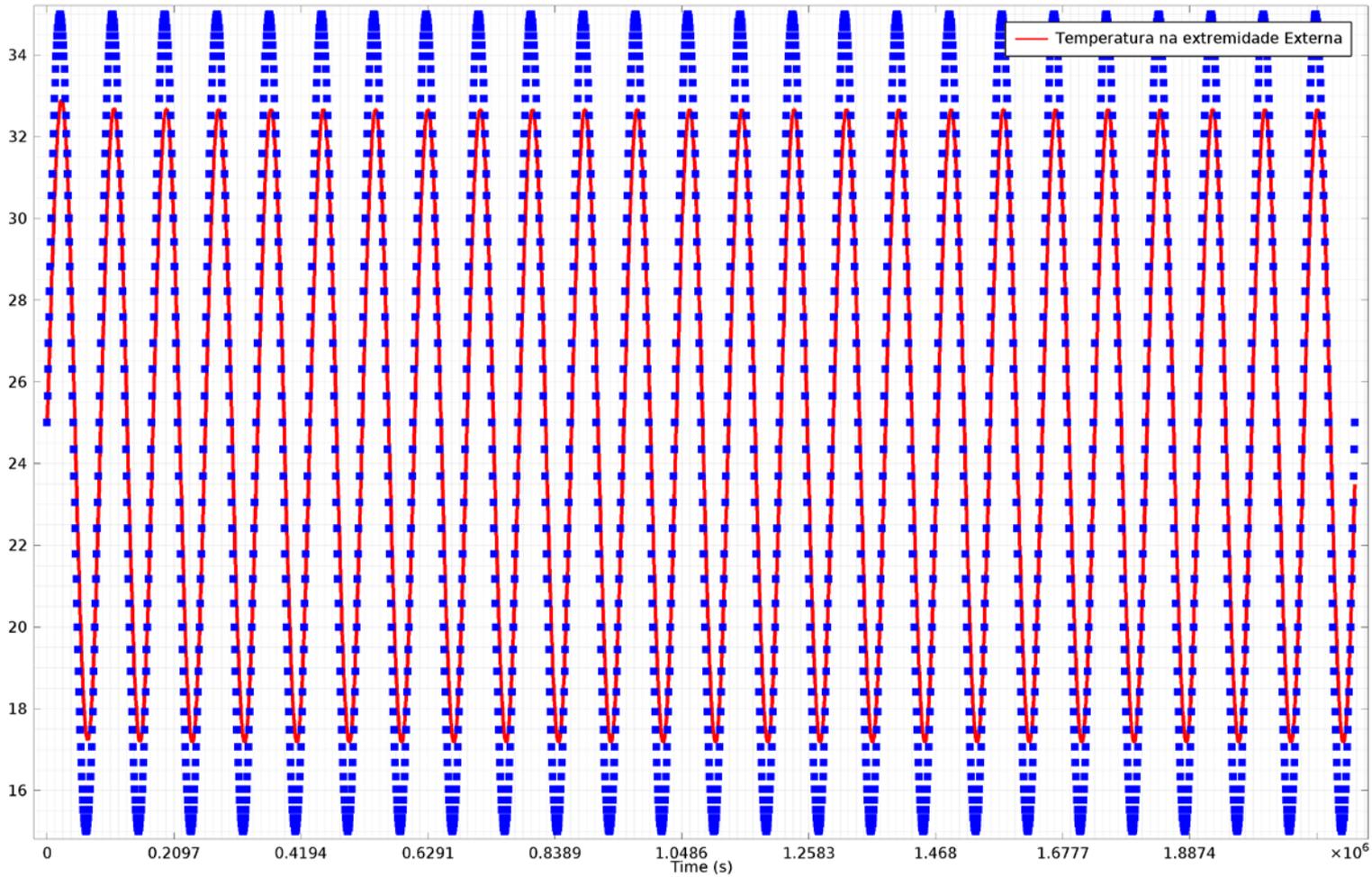
Resposta de freqüência - bobina de cartão



Influência das Condições Ambientais Sobre a Umidade e Temperatura em Bobinas de Cartão.

Point Graph: T-Tref (1) Line Graph: (TExterno+Tref)+AmpTempExterna*sin(FreqAngDia*t)-Tref

COMSOL MULTIPHYSICS

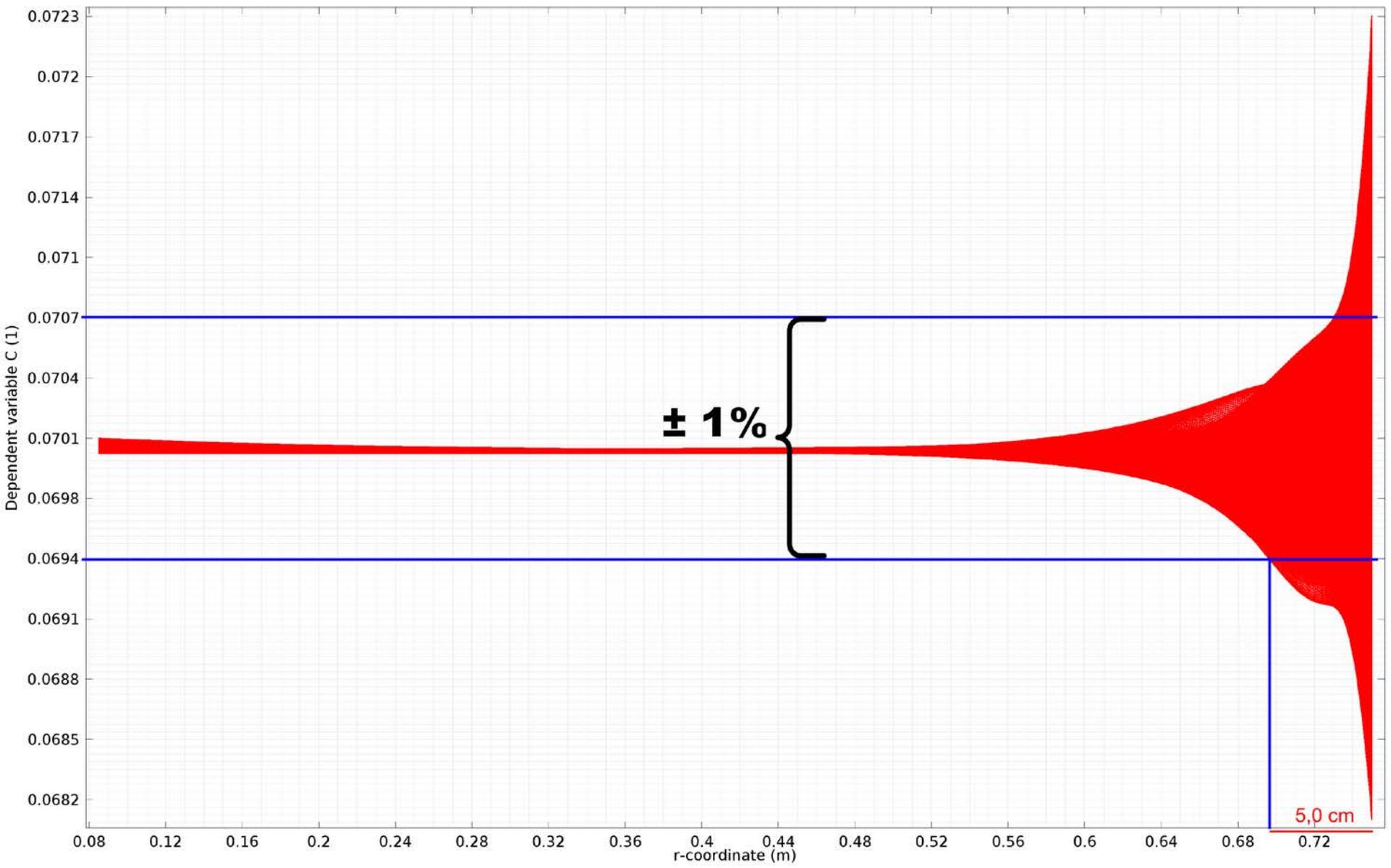
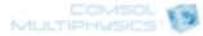


Teorema de Shannon

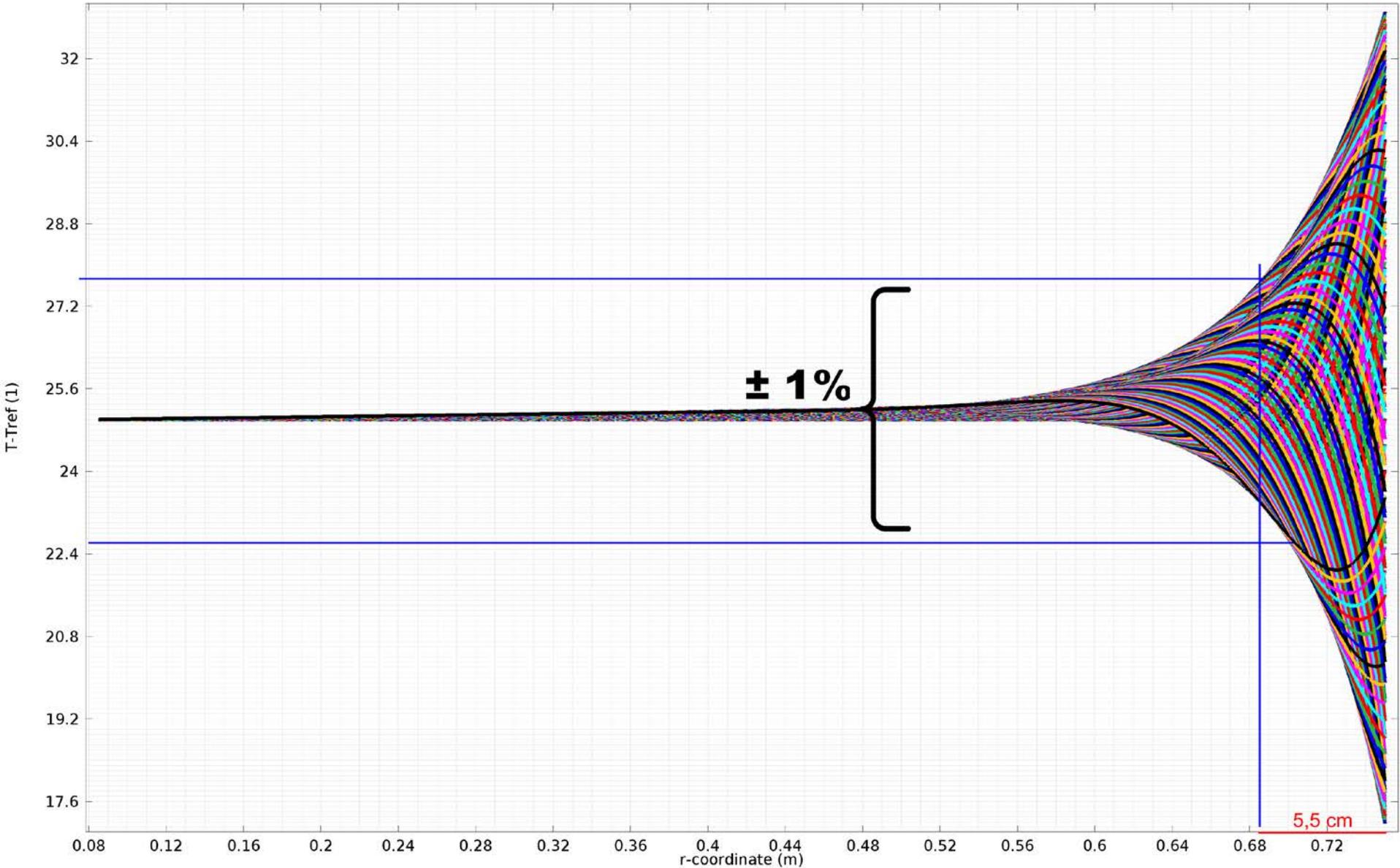
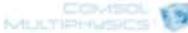
Preservação do balanço de massa total: $\int_{R_1}^{R_2} C \cdot dr = cte$

Influência das Condições Ambientais Sobre a Umidade e Temperatura em Bobinas de Cartão.

Line Graph: Dependent variable C (1)



Line Graph: T-Tref (1)



ETAPAS

Construção, validação e simplificação do modelo para transferência de calor e massa

Análise de frequência em relação à temperatura ambiente

Construção, validação e simplificação do modelo "elasto-mecânico"

A quantidade de material (cartão) submetida ao comportamento cíclico é significativa, conforme constatado no item anterior, representando alguns quilômetros lineares de cartão. Este material tem potencializada a sua possibilidade de apresentar trincas quando da operação de vincagem e dobra nos convertedores, caso a bobina permaneça estocada por muito tempo. Este problema é observado empiricamente.

A análise deste fenômeno só é possível por simulação em decorrência da não linearidade e complexidade do modelo.

O estudo será continuado para incluir a dependência do envelhecimento do cartão em função do tempo exposto a estas oscilações de temperatura e umidade.

Após esta etapa complementar pretende-se estimar o tempo máximo que a bobina pode ficar exposta a oscilações com amplitudes definidas sem degradar as propriedades elasto-mecânicas que provocam a perda de elasticidade do material a ponto de significativamente aumentar a incidência de trincas.

O programa COMSOL MULTIPHYSICS é uma ferramenta essencial para esta análise pois, além de ser um ambiente integrado para o desenvolvimento destas simulações, permite facilmente acoplar diferentes fenomenologias descritas por diferentes técnicas de modelagem de forma a obter resultados de importância industrial.

Obrigado.

ivo.neitzel@fatebTB.edu.br

ruicezarfrazao@gmail.com