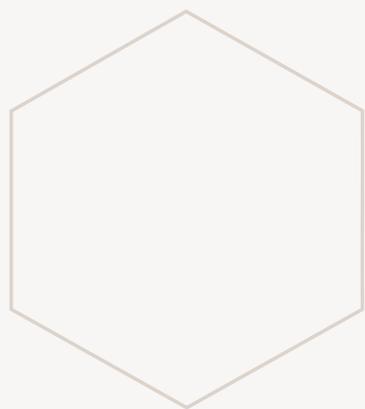


Matemática: Da Teoria à Prática

Filipe Mussini





Agenda



Introdução

- Nascido e criado no ABC paulista
- Graduação e mestrado pela Universidade Federal do ABC
- Doutorado pela Universidade de Uppsala
- Atuo como engenheiro em verificação formal na Alstom



Graduação

2007: Bacharelado em Ciência & Tecnologia e
Bacharelado em Matemática

Iniciações científicas:

- Estudo do universo 10 microssegundos após o Big-Bang
- Geometrias Clássicas
- Passeios Aleatórios em Grafos

Matemática: Da Teoria à Prática



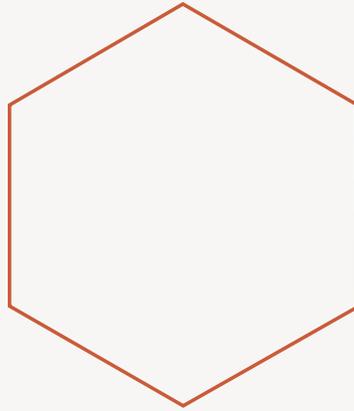
Pós-graduação

2012: Mestrado em Matemática

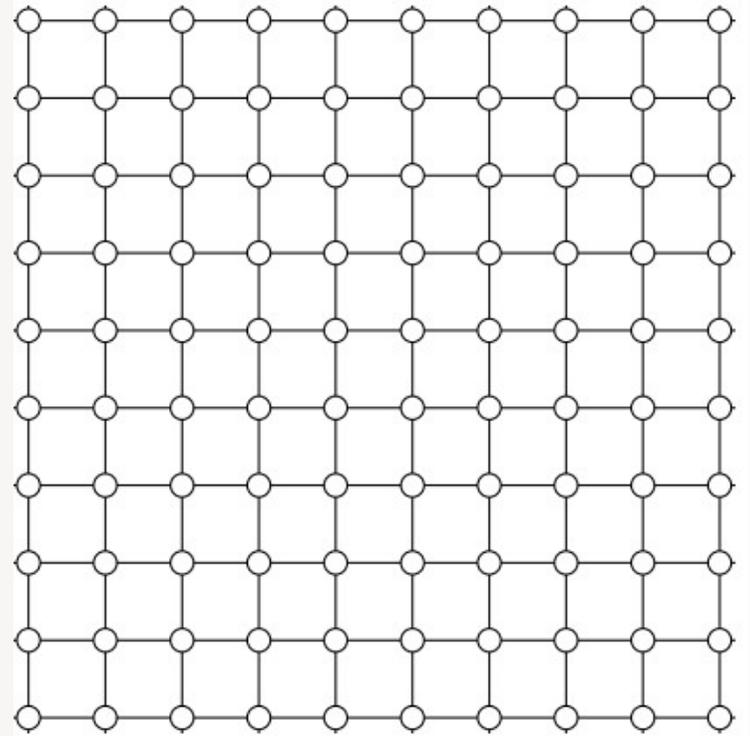
“Invariância por quase-isometrias dos comportamentos sub e supercríticos na percolação Booleana”



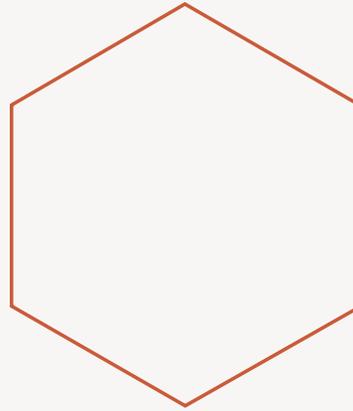
Percolação



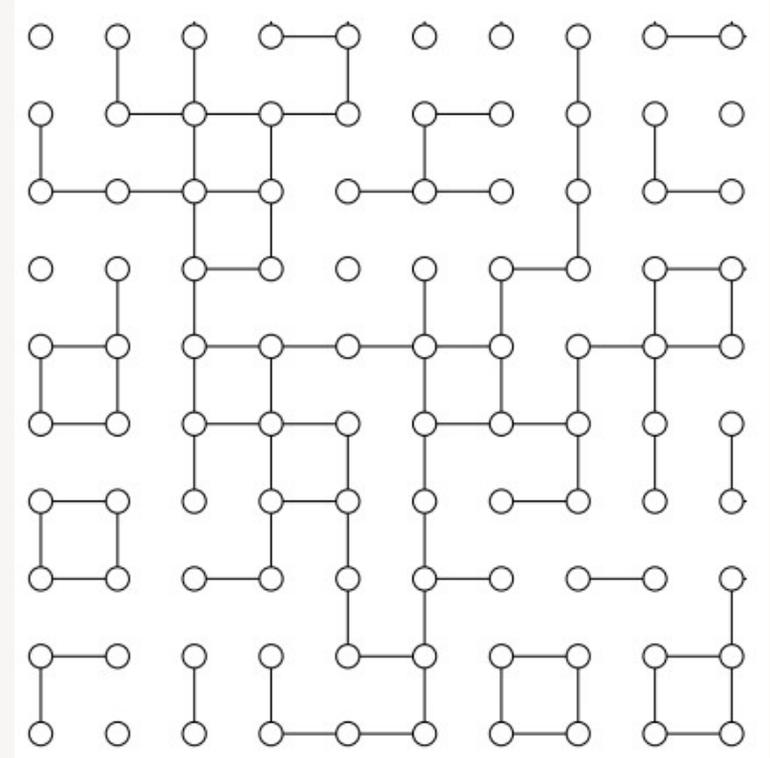
- Comece com uma rede



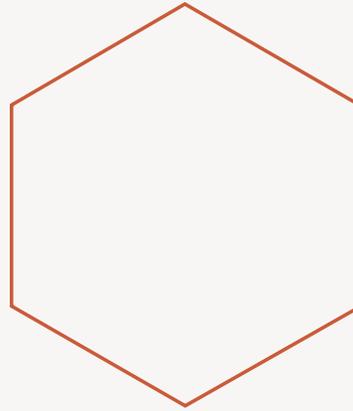
Percolação



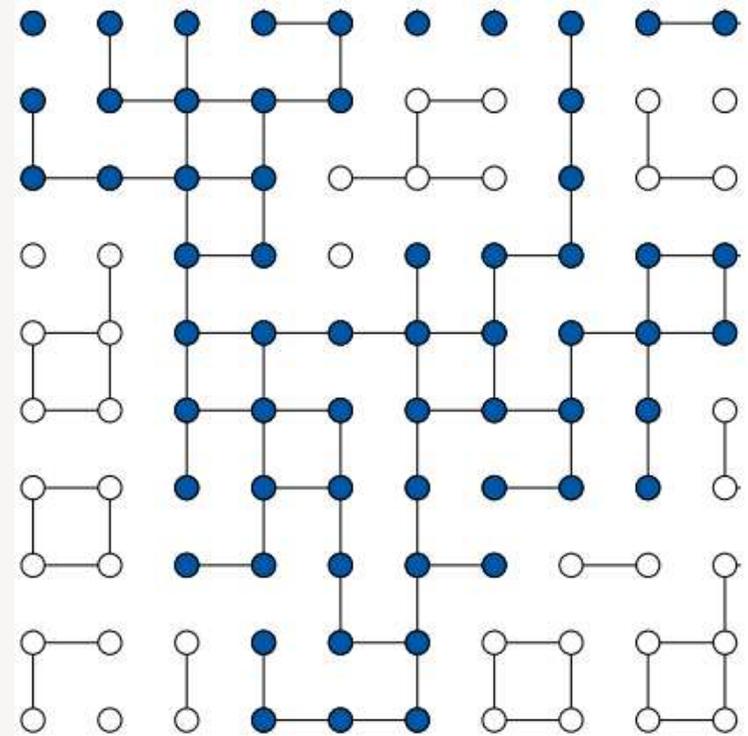
- Comece com uma rede
- Para cada aresta, remova-a com probabilidade p



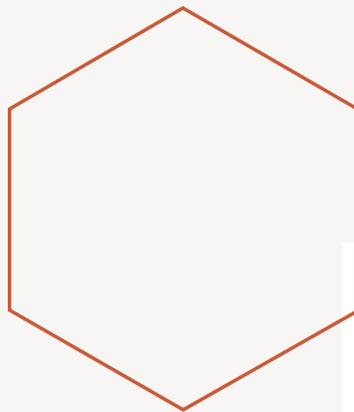
Percolação



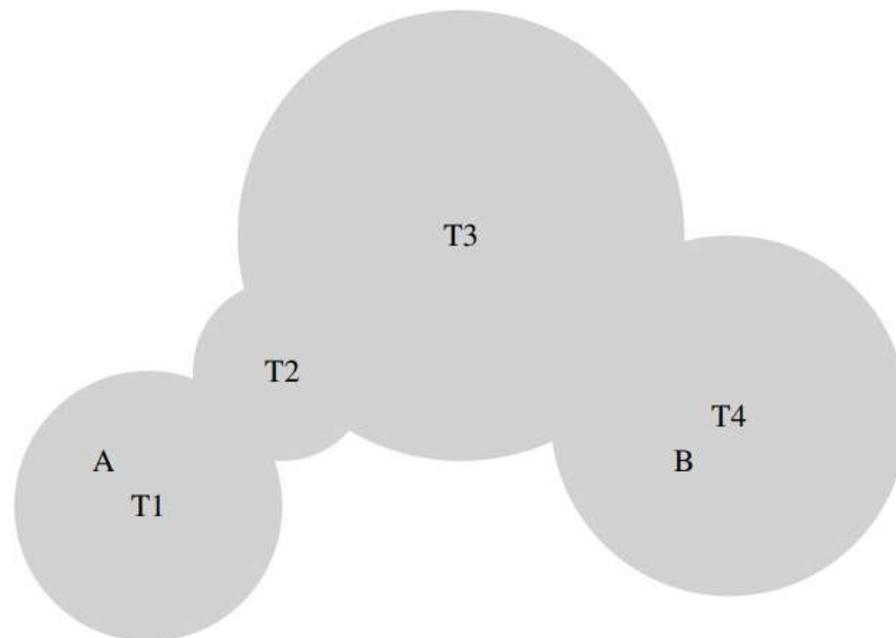
- Comece com uma rede
- Para cada aresta, remova-a com probabilidade p
- Existe uma conexão entre a face superior e a face inferior?



Percolação



Quando a Alice liga para o Bento, o telefone dela conecta a torre T1, que se conecta a torre T2 e assim por diante, criando uma cadeia de conexões até a torre T4 que finalmente conecta ao Bento.

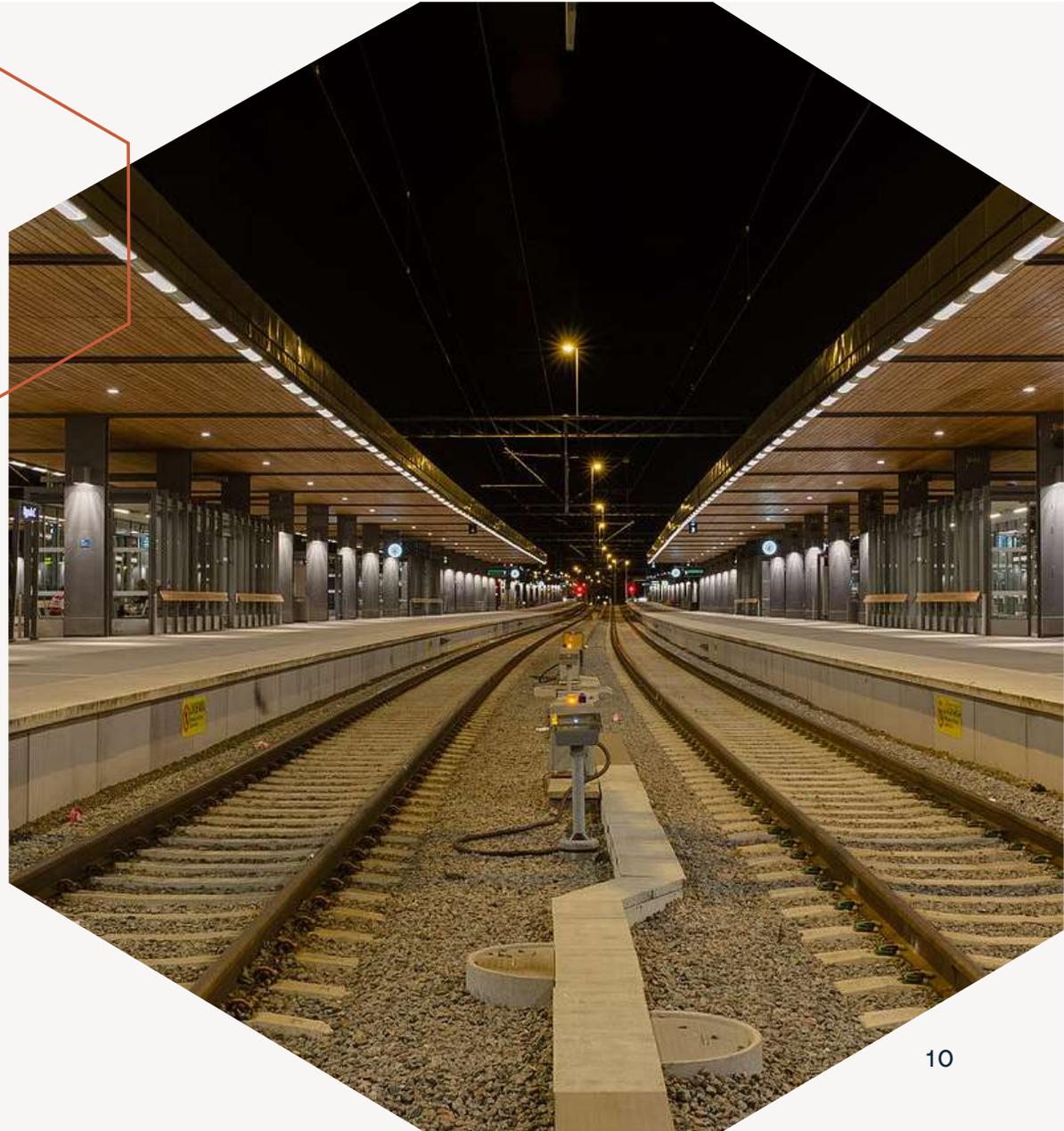


Pós-graduação

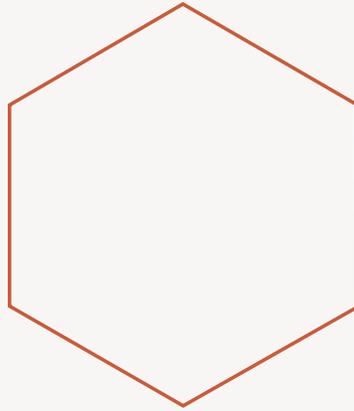
2014: Doutorado em Matemática

“Selected Topics in Continuum Percolation”

Matemática: Da Teoria à Prática



Percolação

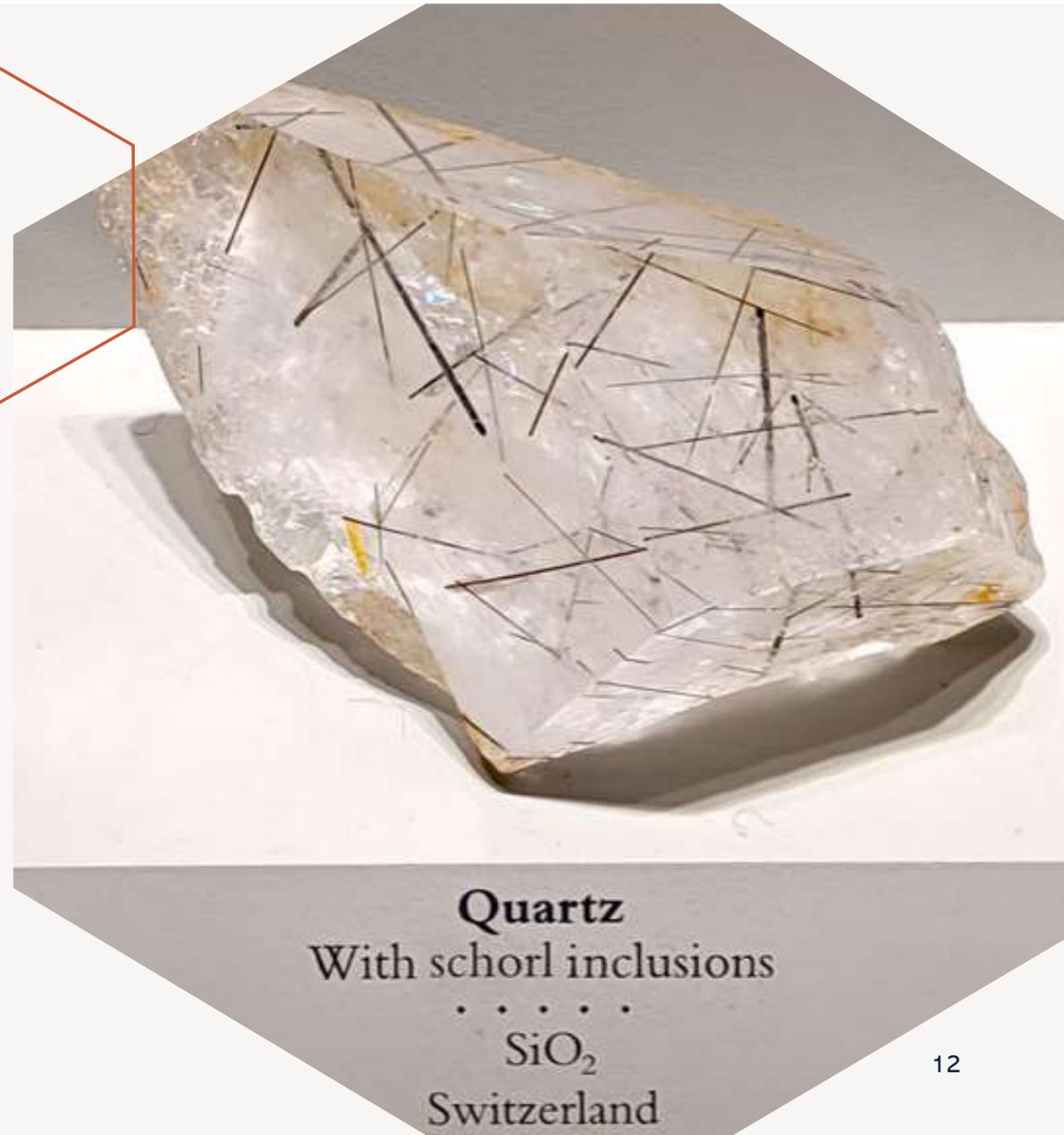


Percolação fractal



Percolação

Percolação de cilindros



Verificação Formal

2020: Engenheiro de verificação formal na
Bombardier Transportation

2021: Alstom adquire a divisão ferroviária da
Bombardier Transportation



O que é verificação formal?

“Verificação formal é a prova matemática da conformidade de um algoritmo a certa especificação formal ou propriedade, usando métodos formais.”

O que é verificação formal?

Como podemos verificar se um sistema obedece certo requisito?

- Testamos com uma simulação cobrindo o cenário do requisito.
- Se o requisito tiver um impacto de segurança, quantas simulações são necessárias para cobrir todos os casos possíveis?
- Podemos encontrar todos os cenários possíveis?

Intertravamento Computadorizado

Objetivo:

Impedir colisões e
descarrilhamentos.



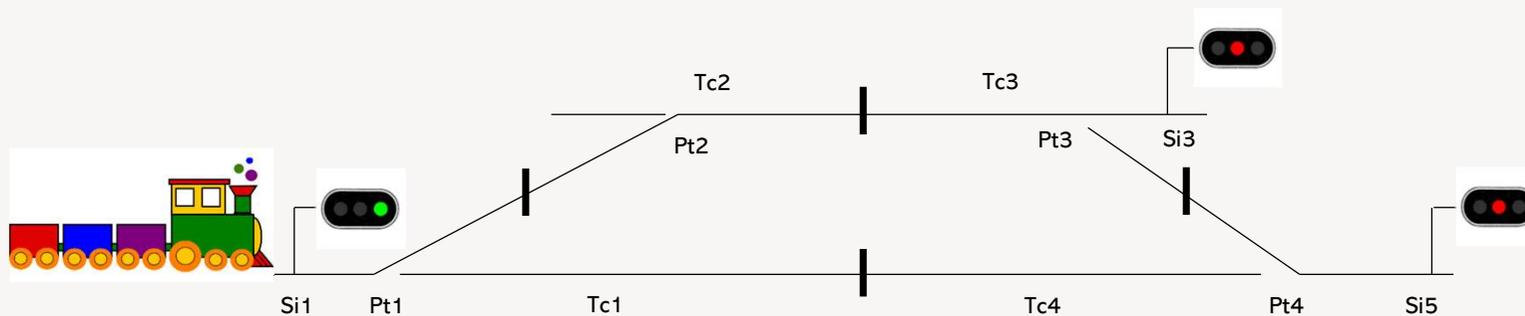
Aparelhos de mudança de via (AMV)



Exemplo:

Para circular um trem entre o sinal Si1 e Si3, deve haver uma rota travada e as condições para liberar o sinal Si1 devem ser satisfeitas.

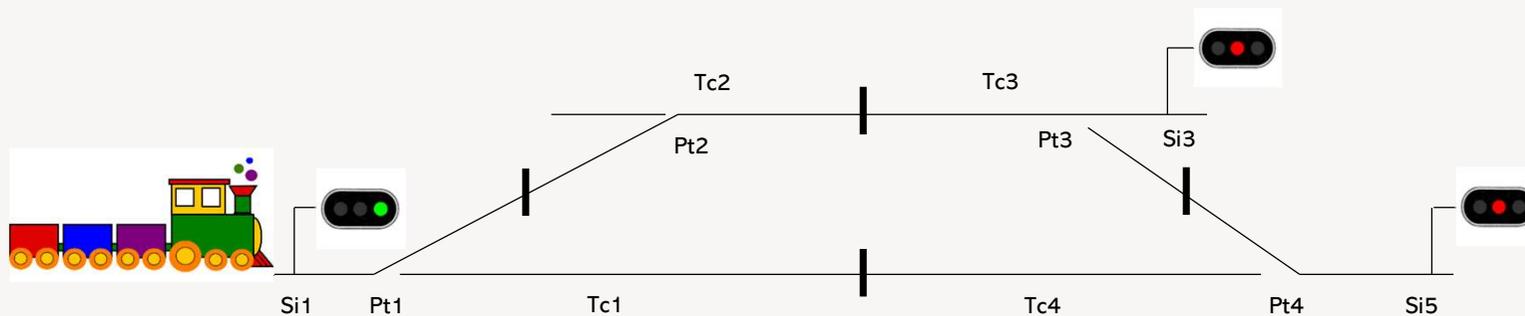
- Nenhuma ocupação detectada
- AMV nas posições corretas
- Proteção de flanco estabelecida
- Etc.



Exemplo:

Para circular um trem entre o sinal Si1 e Si3, deve haver uma rota travada e as condições para liberar o sinal Si1 devem ser satisfeitas.

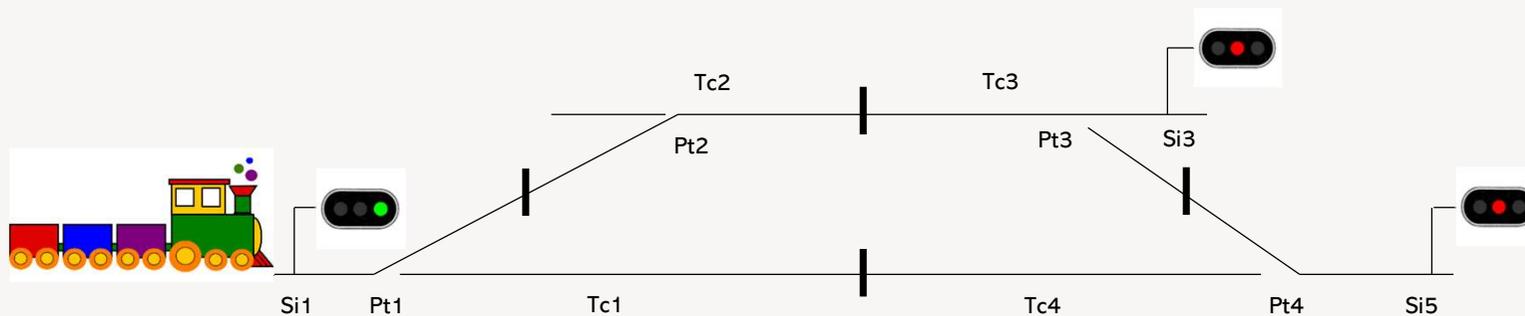
- 1 rota travada (ou não): $2^1 = 2$ combinações
- 4 circuitos detectados livres ou ocupados: $2^4 = 16$ combinações
- 3 AMVs na rota que podem estar na posição esquerda ou direita: $2^3 = 8$ combinações
- 1 AMV protegendo o flanco (ou não): $2^1 = 2$ combinações
- Total: $2 * 16 * 8 * 2 = 512$ combinações, i.e., simulações



Exemplo:

Para circular um trem entre o sinal Si1 e Si3, deve haver uma rota travada e as condições para liberar o sinal Si1 devem ser satisfeitas.

- Total: $2 * 16 * 8 * 2 = 512$ simulações para apenas uma rota!
- A estação de Hallsberg tem quase 500 rotas, então teríamos pelo menos $500 * 512 = 256000$ simulações, mas provavelmente muito mais devido à complexidade da geografia.
- Assumindo que cada simulação leva cerca de 1.5 segundos para ser realizada, precisaríamos de 4 dias para verificar apenas este requisito.

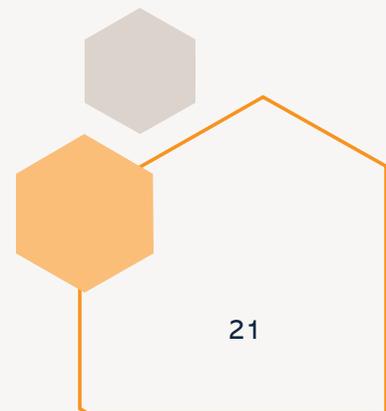
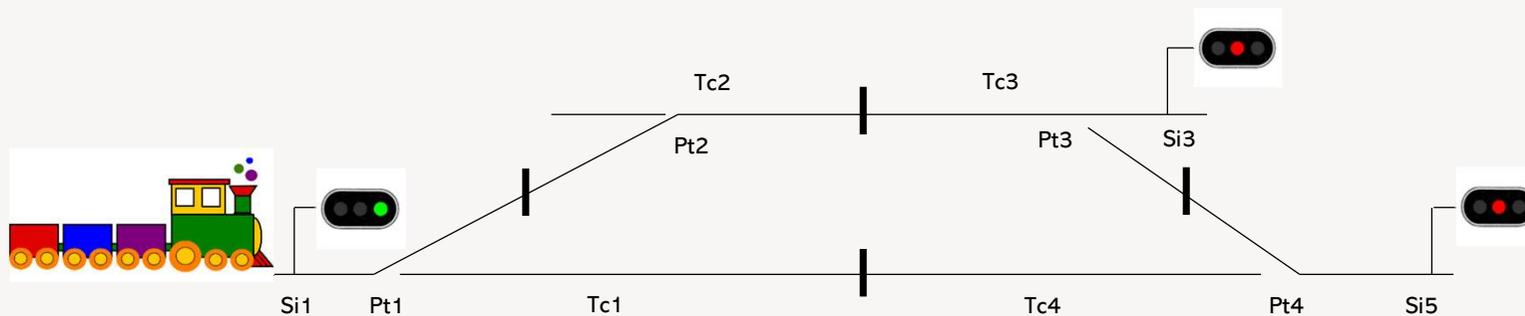


Exemplo:

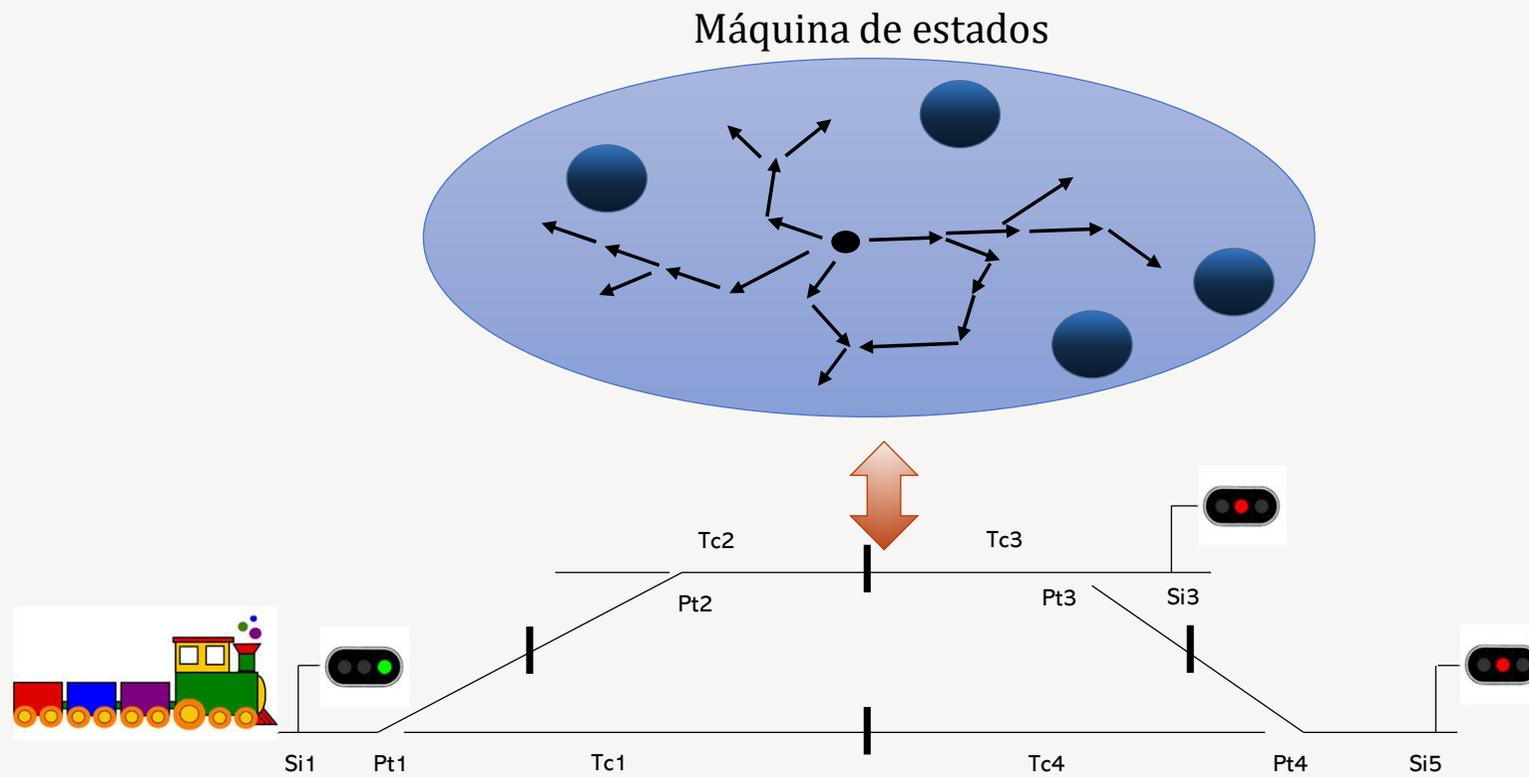
Como verificamos um requisito?

Se de alguma forma pudermos provar que nosso requisito é satisfeito para todas as combinações possíveis de objetos geográficos e suas variáveis.

Usamos uma prova matemática para tal.



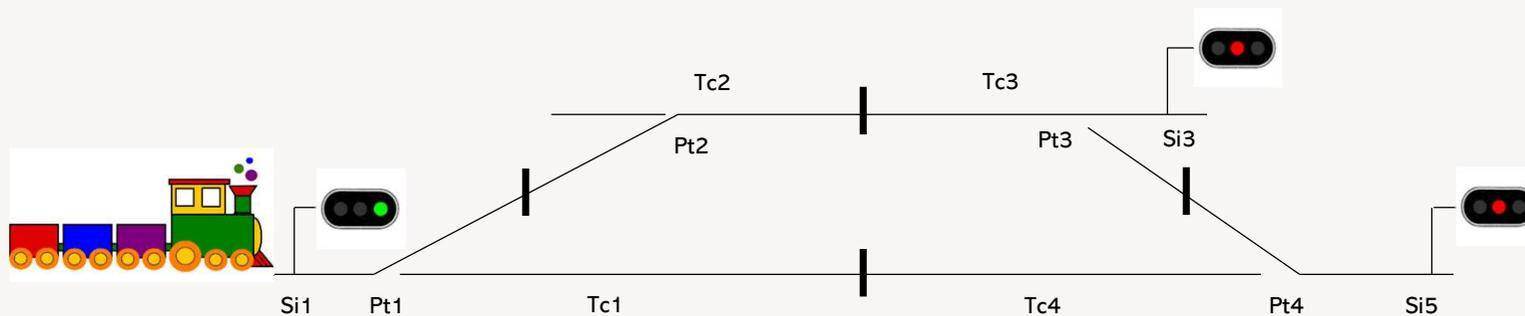
Exemplo:



Exemplo:

O requisito

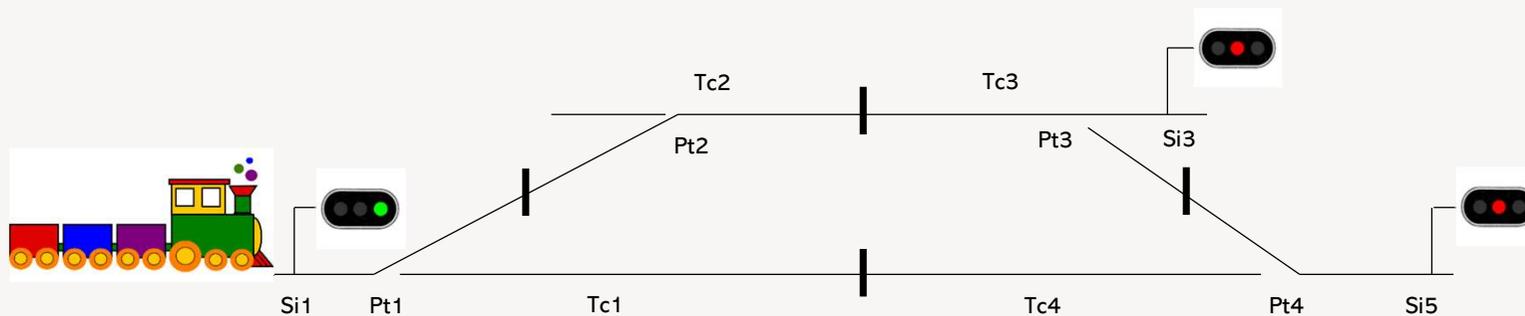
- *Se o sinal Si1 mostra “proceder” para a rota terminando no sinal Si3, então*
 - *A rota Si1 até Si3 está travada*
 - *Os circuitos Tc1, Tc2, Tc3 e Tc4 estão detectados livres*
 - *Os AMVs Pt1, Pt2 e Pt3 estão detectados na posição esquerda*
 - *O AMV Pt4 está detectado na posição direita*
 - *O AMV Pt4 protege o flanco*



Exemplo:

O requisito

- *Si1.Proceder E Si3.FinalDaRota* →
 - *RotaSi1ateSi3.Travada E*
 - *Tc1.Livre E Tc2.Livre E Tc3.Livre E Tc4. Livre E*
 - *Pt1.Esquerda E Pt2.Esquerda E Pt3.Esquerda E*
 - *Pt4.Direita E*
 - *Pt4.ProtecaoFlanco*



Futuro

- Projeto BBYO na Turquia
- Projeto Tren Maya no México
- Desenvolvimento das ferramentas de verificação formal



Obrigado pela atenção!

Perguntas?

