



**CeMEAI**  
CEPID - Centro de Ciências  
Matemáticas Aplicadas à Indústria

**ICMC** USP  
SÃO CARLOS

# Conceitos de Sistemas de Recomendação

Prof. Dr. Marcelo G. Manzato e Arthur Fortes da Costa



# Como é feita a recomendação?

**De modo geral:**

Sistemas tentam “adivinhar” o quanto um usuário gosta de um item

Esse processo é baseado no histórico de interação do indivíduo com o sistema

# O que há num sistema de recomendação?



## Usuários

Gênero, localização, ocupação, etc.



## Itens

Descrição, preço, categoria, ano de lançamento, etc.



## Interações/ Feedback

Explícitas e implícitas



## Contextos

Quando, o quê, quem, como, por quê?

# **O que há em um sistema de recomendação?**

Pode-se utilizar informações como:

- Informações que descrevem o conteúdo, usuário e/ou contexto
- Similaridade entre itens ou entre usuário
- Tendências atuais do mercado, popularidade e interesses de negócios

# Interações Explícitas

- Notas



- Comentários ou revisões

★★★★★ Tudo perfeito! 16/10/2014

Por:

Melhor do que eu esperava! O box é lindo, chegou em perfeito estado, e os livros tem um acabamento excelente!

[Eu recomendo este produto](#)

# Interações Implícitas

- Cliques
- Histórico de visitação de páginas
- Tempo na página
- Favoritação



# Representações dos dados

## Explícita

	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$i_6$	$i_7$	...	$i_n$
$u_1$	5	?	2	?	?	?	1		?
$u_2$	?	2	?	?	4.5	?	?		?
$u_3$	4	5	1	?	?	3	?	...	?
$u_4$	?	2.5	3.5	?	?	?	4		3
$u_5$	?	?	?	?	?	?	1		?
...									
$u_m$	?	2	?	3	?	1	?		?

## Implícita

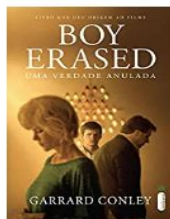
	$i_1$	$i_2$	$i_3$	$i_4$	$i_5$	$i_6$	$i_7$	...	$i_n$
$u_1$	1	0	1	0	0	0	1		0
$u_2$	0	1	0	0	1	0	0		0
$u_3$	1	1	1	0	0	1	0	...	0
$u_4$	0	1	1	0	0	0	1		1
$u_5$	0	0	0	0	0	0	1		0
...									
$u_m$	0	1	0	1	0	1	0		0

# Cenários

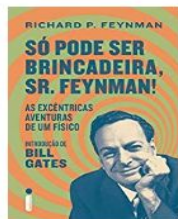
## Predição de Notas



A loja de tudo  
Brad Stone  
eBook Kindle  
R\$ 17,45 ~~R\$ 34,90~~  
★★★★★ (701)



Boy Erased: Uma verdade anulada  
Garrard Conley  
eBook Kindle  
R\$ 17,45 ~~R\$ 34,90~~  
★★★★☆ (292)



Só Pode Ser Brincadeira,  
Sr. Feynman!  
Richard P. Feynman  
eBook Kindle  
R\$ 19,90 ~~R\$ 39,90~~  
★★★★★ (329)



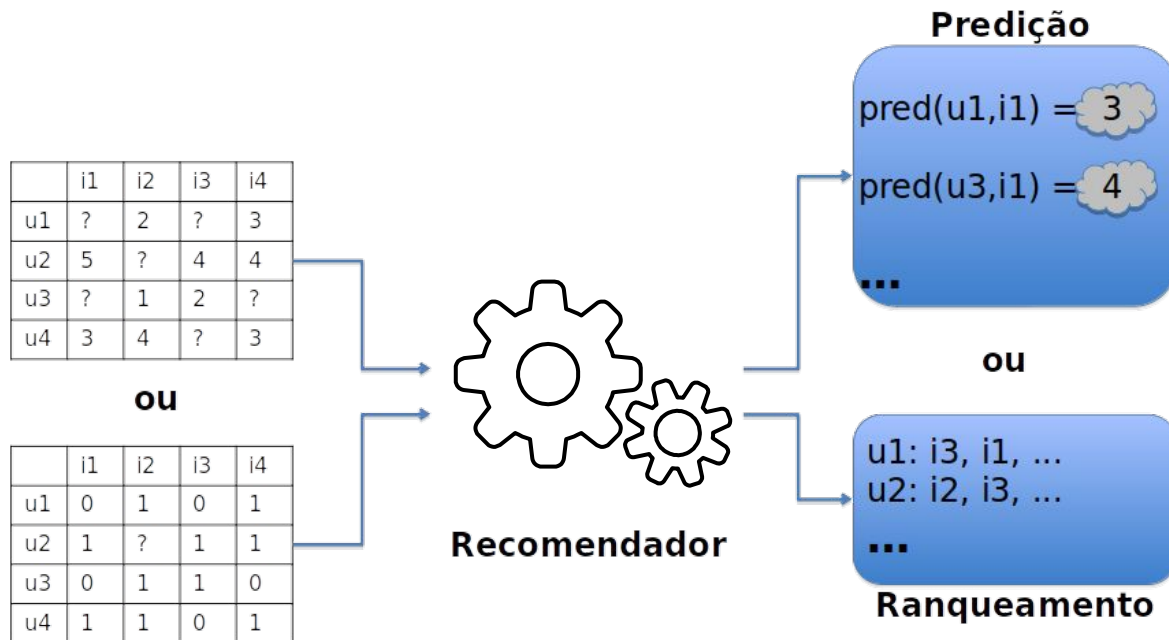
Tim Cook: O Gênio Que  
Mudou o Futuro da Apple  
Leander Kahney,  
20191011  
eBook Kindle  
R\$ 17,45 ~~R\$ 34,90~~  
★★★★☆ (89)

## Ranking (Top-N)

New and Trending	Top Sellers	Upcoming	Specials
	Divinity: Original Sin 2 RPG, Coop, Turn-Based, Adventure \$44.99		
	PLAYERUNKNOWN'S BATTLEGROUNDS Early Access, Survival, Shooter, Multiplayer \$29.99		
	Assassin's Creed Bundle Open World, Assassin, Action, Parkour -67% \$109.96 \$35.78		
	Killer Instinct Action, Fighting, Multiplayer, Great Soundtrack -25% \$39.99 \$29.99		
	Danganronpa V3: Killing Harmony \$59.99		
	Cuphead Indie, Action, Platformer, Cartoon \$19.99		
	RUINER Action, Indie, Violent, Gore \$19.99		
	Heat Signature Indie, Action, Space, Adventure -10% \$14.99 \$13.49		
	Black Desert Online Massively Multiplayer, MMORPG, Open World, RPG \$9.99		
	Middle-earth™: Shadow of War™ Open World, Action, Violent, Adventure \$59.99		
	Assassin's Creed® Rogue Open World, Assassin, Action, Parkour -66% \$19.99 \$6.79		



# Visão Geral

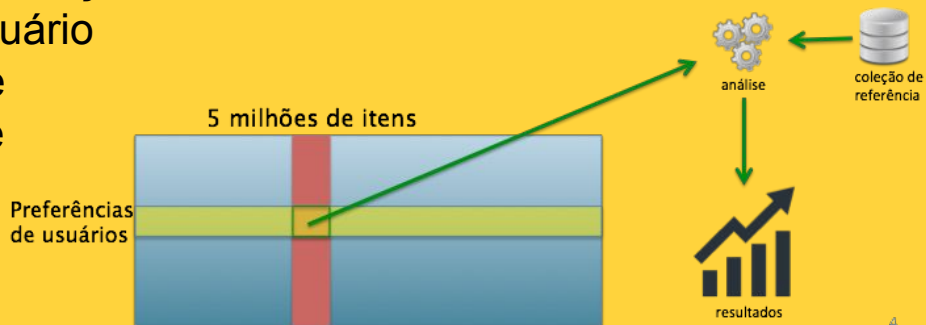


# Avaliação em sistemas de recomendação

Assim como qualquer tarefa, é necessário avaliar o sistema para verificar se as recomendações são bem sucedidas

Principais técnicas para avaliação:

- Estudos com usuário
- Avaliação online
- Avaliação offline



# Avaliação offline

- Utilização de bases de dados (diferentes domínios) contendo histórico de usuários
- Avaliação a partir de recomendações já efetuadas
- Facilidade na reprodução dos experimentos
- Utilização de métricas que avaliam diferentes aspectos (acurácia, diversidade, novidade, cobertura, erro, etc.)

## Limitações

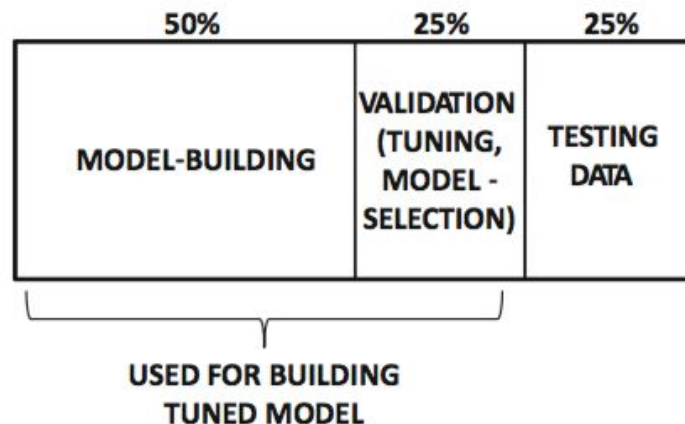
- Não consideram a propensão de usuários a reagirem às recomendações no futuro
- Criação do conjunto-verdade é feita a partir de suposições nem sempre verdadeiras
- Não avalia outros aspectos do sistema, como interface, tempo de resposta, etc.

# Avaliação Offline

Importante projetar o sistema de modo que os resultados não sejam enviesados

Para isso, normalmente divide-se a base em três subconjuntos:

- Treinamento
- Validação
- Teste



# Métricas para avaliar predição de notas

Nr.	UserID	MovieID	Rating ( $r_i$ )
1	1	134	5
2	1	238	4
3	1	312	5
4	2	134	3
5	2	767	5
6	3	68	4
7	3	212	4
8	3	238	3
9	4	68	4
10	4	112	5

Conjunto de teste

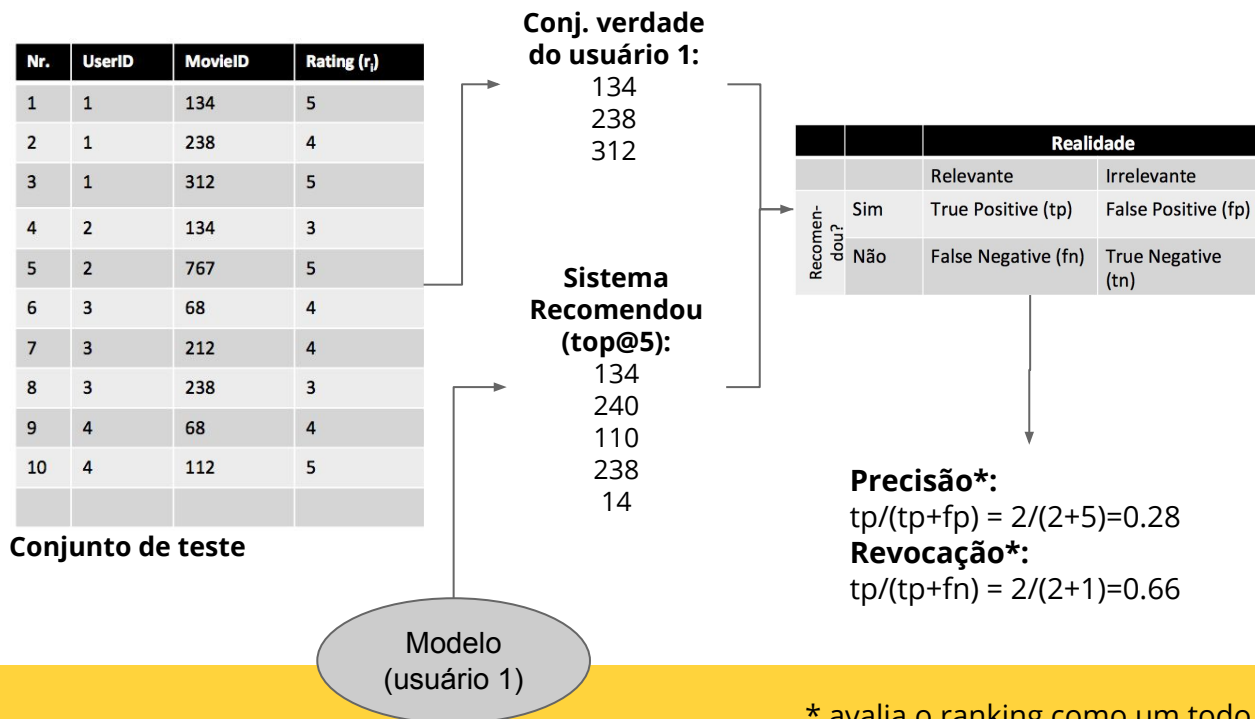
	MAE	RMSE
Prediction ( $p_i$ )	$ p_i - r_i $	$(p_i - r_i)^2$
4.5	0.5	0.25
5	1	1
5	0	0
5	2	4
4.5	0.5	0.25
4.1	0.1	0.01
3.9	0.1	0.01
3	0	0
4.2	0.2	0.04
4.8	0.2	0.04
	4.6	5.6

Resultado

$\sqrt{5.6/10} = 0.748$

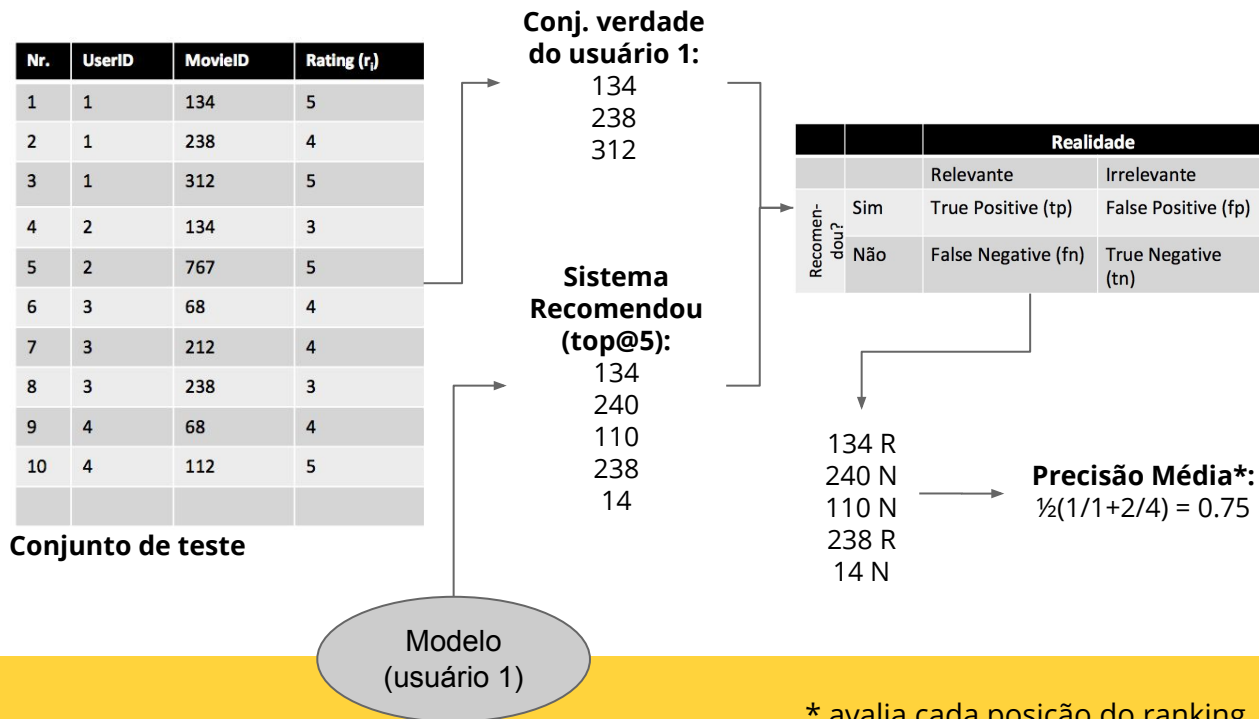
$(4.6/10) = 0.46$

# Métricas para avaliar Ranking



\* avalia o ranking como um todo.

# Métricas para avaliar Ranking



\* avalia cada posição do ranking.

## Outras Métricas

Na avaliação de ranking, também há várias outras métricas: MAP, NDCG, MRR, Hit Rate, F-score, etc.



### Outros aspectos a serem avaliados em SR:

- Cobertura
- Confiança
- Novidade
- Serendipidade
- Diversidade
- Robustez/Estabilidade
- Escalabilidade