ORI: Pontuação e o modelo de espaço vetorial

Marcelo Keese Albertini

Faculdade de Computação
Universidade Federal de Uberlândia

Índice

Veremos hoje

- **Ordenando** resultados de busca: importância (ao invés de apresentar um conjunto desordenado de resultados)

Veremos hoje

- **Ordenando** resultados de busca: importância (ao invés de apresentar um conjunto desordenado de resultados)
- **Frequência de termos**: base da ordenação de resultados (*ranking*)

Veremos hoje

- **Ordenando** resultados de busca: importância (ao invés de apresentar um conjunto desordenado de resultados)
- **Frequência de termos**: base da ordenação de resultados (*ranking*)
- **Tf-idf ranking**: esquema tradicional de ordenação

Recuperação ordenada

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.
  - Documentos são adequados ou não para uma consulta

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.
  - Documentos são adequados ou não para uma consulta
- **Bom para usuários especialistas** com conhecimento avançado sobre a coleção

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.
  - Documentos são adequados ou não para uma consulta
- **Bom para usuários especialistas** com conhecimento avançado sobre a coleção
- **Bom para programas**: programas podem processar milhares de resultados

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.
  - Documentos são adequados ou não para uma consulta
- **Bom para usuários especialistas** com conhecimento avançado sobre a coleção
- **Bom para programas**: programas podem processar milhares de resultados
- **Não tão bom para usuários comuns**

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.
  - Documentos são adequados ou não para uma consulta
- **Bom para usuários especialistas** com conhecimento avançado sobre a coleção
- **Bom para programas**: programas podem processar milhares de resultados
- **Não tão bom para usuários comuns**
- Consultas booleanas são de difícil escrita

Recuperação ordenada

- Até agora, consultas foram **booleanas**.
  - Documentos são adequados ou não para uma consulta
- **Bom para usuários especialistas** com conhecimento avançado sobre a coleção
- **Bom para programas**: programas podem processar milhares de resultados
- **Não tão bom para usuários comuns**
- Consultas booleanas são de difícil escrita
- Usuários não olham centenas de resultados

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

`http://www.acervobiblioteca.ufu.br:8000/cgi-bin/gw/chameleon`

- Muito pouco ou resultados demais

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

`http://www.acervobiblioteca.ufu.br:8000/cgi-bin/gw/chameleon`

- Muito pouco ou resultados demais
- Exemplo consulta 1 (conjunção booleana): [recuperação AND informação]

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

`http://www.acervobiblioteca.ufu.br:8000/cgi-bin/gw/chameleon`

- Muito pouco ou resultados demais
- Exemplo consulta 1 (conjunção booleana): [recuperação AND informação]
  - $\rightarrow$ centenas de resultados – **demais**

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

`http://www.acervobiblioteca.ufu.br:8000/cgi-bin/gw/chameleon`

- Muito pouco ou resultados demais
- Exemplo consulta 1 (conjunção booleana): [recuperação AND informação]
  - $\rightarrow$ centenas de resultados – **demais**
- Exemplo 2 (conjunção booleana): [recuperação AND informação AND aplicação]

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

`http://www.acervobiblioteca.ufu.br:8000/cgi-bin/gw/chameleon`

- Muito pouco ou resultados demais
- Exemplo consulta 1 (conjunção booleana): [recuperação AND informação]
  - $\rightarrow$ centenas de resultados – **demais**
- Exemplo 2 (conjunção booleana): [recuperação AND informação AND aplicação]
  - $\rightarrow$ 2 resultados – **quase nada**

Problemas com busca booleana: tudo ou nada

`http://www.acervobiblioteca.ufu.br:8000/cgi-bin/gw/chameleon`

- Muito pouco ou resultados demais
- Exemplo consulta 1 (conjunção booleana): [recuperação AND informação]
  - $\rightarrow$ centenas de resultados – **demais**
- Exemplo 2 (conjunção booleana): [recuperação AND informação AND aplicação]
  - $\rightarrow$ 2 resultados – **quase nada**
- difícil encontrar boa consulta para obter entre tudo ou nada

Tudo ou nada: não é problema com recuperação ordenada

Tudo ou nada: não é problema com recuperação ordenada

- Com ordenação, número de resultados não é problema

Tudo ou nada: não é problema com recuperação ordenada

- Com ordenação, número de resultados não é problema
- Por exemplo, mostrar somente os 10 mais relevantes

Tudo ou nada: não é problema com recuperação ordenada

- Com ordenação, número de resultados não é problema
- Por exemplo, mostrar somente os 10 mais relevantes
- Não sobrecarrega usuário

Tudo ou nada: não é problema com recuperação ordenada

- Com ordenação, número de resultados não é problema
- Por exemplo, mostrar somente os 10 mais relevantes
- Não sobrecarrega usuário
- O que é necessário? Desenvolver um algoritmo de ranking de relevância de documentos

Avaliação como base de recuperação ordenada

Avaliação como base de recuperação ordenada

- Pontuar mais os documentos mais relevantes à consulta

Avaliação como base de recuperação ordenada

- Pontuar mais os documentos mais relevantes à consulta
- Atribuir pontuação em $[0, 1]$ para cada par consulta-documento

Avaliação como base de recuperação ordenada

- Pontuar mais os documentos mais relevantes à consulta
- Atribuir pontuação em $[0, 1]$ para cada par consulta-documento
- Medida numérica e objetiva da relevância do documento para a consulta

Pontuando consultas-documentos

- Como pontuamos um par consulta-documento?

Pontuando consultas-documentos

- Como pontuamos um par consulta-documento?
- Começamos com um consulta de um só termo

Pontuando consultas-documentos

- Como pontuamos um par consulta-documento?
- Começamos com um consulta de um só termo
- Se o termo não ocorre no documento, pontuação 0

Pontuando consultas-documentos

- Como pontuamos um par consulta-documento?
- Começamos com um consulta de um só termo
- Se o termo não ocorre no documento, pontuação 0
- Quanto maior a frequência do termo no documento, maior pontuação

Pontuando consultas-documentos

- Como pontuamos um par consulta-documento?
- Começamos com um consulta de um só termo
- Se o termo não ocorre no documento, pontuação 0
- Quanto maior a frequência do termo no documento, maior pontuação
- Veremos alternativas

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

- Mede sobreposição de 2 conjuntos: A e B

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

- Mede sobreposição de 2 conjuntos: A e B
- Coeficiente de Jaccard:

$$\textsc{jaccard}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

$(A \neq \emptyset$ ou $B \neq \emptyset)$

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

- Mede sobreposição de 2 conjuntos: A e B
- Coeficiente de Jaccard:

$$\textsc{jaccard}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

  $(A \neq \emptyset$ ou $B \neq \emptyset)$
- $\textsc{jaccard}(A, A) = 1$

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

- Mede sobreposição de 2 conjuntos: A e B
- Coeficiente de Jaccard:

$$\textsc{jaccard}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

  $(A \neq \emptyset$ ou $B \neq \emptyset)$
- $\textsc{jaccard}(A, A) = 1$
- $\textsc{jaccard}(A, B) = 0$ se $A \cap B = 0$

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

- Mede sobreposição de 2 conjuntos: A e B
- Coeficiente de Jaccard:

$$\textsc{jaccard}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

  $(A \neq \emptyset$ ou $B \neq \emptyset)$
- $\textsc{jaccard}(A, A) = 1$
- $\textsc{jaccard}(A, B) = 0$ se $A \cap B = 0$
- A e B não tem que ser do mesmo tamanho

Alternativa 1: coeficiente de Jaccard

- Mede sobreposição de 2 conjuntos: A e B
- Coeficiente de Jaccard:

$$\textsc{jaccard}(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

  $(A \neq \emptyset$ ou $B \neq \emptyset)$
- $\textsc{jaccard}(A, A) = 1$
- $\textsc{jaccard}(A, B) = 0$ se $A \cap B = 0$
- A e B não tem que ser do mesmo tamanho
- Sempre obtém número entre 0 e 1

Exemplo: coeficiente de Jaccard

Exemplo: coeficiente de Jaccard

- Qual é a pontuação pelo coeficiente de Jaccard para:

Exemplo: coeficiente de Jaccard

- Qual é a pontuação pelo coeficiente de Jaccard para:
  - Consulta: “águas de março”

Exemplo: coeficiente de Jaccard

- Qual é a pontuação pelo coeficiente de Jaccard para:
  - Consulta: "águas de março"
  - Documento "Pedro Álvares Cabral chegou nas águas brasileiras em março"

Exemplo: coeficiente de Jaccard

- Qual é a pontuação pelo coeficiente de Jaccard para:
  - Consulta: "águas de março"
  - Documento "Pedro Álvares Cabral chegou nas águas brasileiras em março"
  - $\textsc{jaccard}(q, d) = 2/10$

Onde Jaccard falha?

Onde Jaccard falha?

- Não considera frequência dos termos

Onde Jaccard falha?

- Não considera frequência dos termos
- Termos raros são mais informativos que os frequentes

Onde Jaccard falha?

- Não considera frequência dos termos
- Termos raros são mais informativos que os frequentes
- Precisamos de modos para normalizar pelo tamanho do documento

Onde Jaccard falha?

- Não considera frequência dos termos
- Termos raros são mais informativos que os frequentes
- Precisamos de modos para normalizar pelo tamanho do documento
  - um documento grande provavelmente tem boa sobreposição com a maior parte das consultas mas não é necessariamente relevante

Matriz de incidência binária

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	1	1	0	0	0	1	
`Brutus`	1	1	0	1	0	0	
`César`	1	1	0	1	1	1	
`Calpúrnia`	0	1	0	0	0	0	
`Cleópatra`	1	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como um vetor binário $\in \{0,1\}^{|V|}$.

Matriz de incidência binária

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
Antônio	1	1	0	0	0	1	
Brutus	1	1	0	1	0	0	
César	1	1	0	1	1	1	
Calpúrnia	0	1	0	0	0	0	
Cleópatra	1	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como um vetor binário $\in \{0,1\}^{|V|}$.

Matriz de contagem

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	157	73	0	0	0	1	
`Brutus`	4	157	0	2	0	0	
`César`	232	227	0	2	1	0	
`Calpurnia`	0	10	0	0	0	0	
`Cleópatra`	57	0	0	0	0	0	
`...`							

Cada documento é representado como vetor de contagem $\in \mathbb{N}^{|V|}$.

Matriz de contagem

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	157	73	0	0	0	1	
`Brutus`	4	157	0	2	0	0	
`César`	232	227	0	2	1	0	
`Calpurnia`	0	10	0	0	0	0	
`Cleópatra`	57	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como vetor de contagem $\in \mathbb{N}^{|V|}$.

Modelo Bag of words / coleção de palavras

Modelo Bag of words / coleção de palavras

- Desconsidera **ordem** dos termos em um documento.

Modelo Bag of words / coleção de palavras

- Desconsidera **ordem** dos termos em um documento.
- *João é mais rápido que José* tem mesma representação que *José é mais rápido que João*

Modelo Bag of words / coleção de palavras

- Desconsidera **ordem** dos termos em um documento.
- *João é mais rápido que José* tem mesma representação que *José é mais rápido que João*
- Isso é chamado de **modelo bag of words**.

Modelo Bag of words / coleção de palavras

- Desconsidera **ordem** dos termos em um documento.
- *João é mais rápido que José* tem mesma representação que *José é mais rápido que João*
- Isso é chamado de **modelo bag of words**.
- Seguiremos com mais detalhes do modelo bag of words.

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.
- Podemos usar tf para pontuar combinação consulta-documento.

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.
- Podemos usar tf para pontuar combinação consulta-documento.
- Porém, somente frequência não é bom porque:

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.
- Podemos usar tf para pontuar combinação consulta-documento.
- Porém, somente frequência não é bom porque:
- Um documento com $\mathbf{tf} = 10$ ocorrências de um termo é mais relevante que um documento com apenas uma ocorrência $\mathbf{tf} = 1$.

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.
- Podemos usar tf para pontuar combinação consulta-documento.
- Porém, somente frequência não é bom porque:
- Um documento com $\mathbf{tf} = 10$ ocorrências de um termo é mais relevante que um documento com apenas uma ocorrência $\mathbf{tf} = 1$.
- Mas não 10 vezes mais relevante

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.
- Podemos usar tf para pontuar combinação consulta-documento.
- Porém, somente frequência não é bom porque:
- Um documento com $\mathbf{tf} = 10$ ocorrências de um termo é mais relevante que um documento com apenas uma ocorrência $\mathbf{tf} = 1$.
- Mas não 10 vezes mais relevante
- Relevância não aumenta proporcionalmente com a frequência do termo.

Frequência de termo tf

- A frequência de termo $\text{tf}_{t,d}$ do termo t no documento d é definido como **o número de vezes que t ocorre em d**.
- Podemos usar tf para pontuar combinação consulta-documento.
- Porém, somente frequência não é bom porque:
- Um documento com **$\text{tf} = 10$** ocorrências de um termo é mais relevante que um documento com apenas uma ocorrência **$\text{tf} = 1$**.
- Mas não 10 vezes mais relevante
- Relevância não aumenta proporcionalmente com a frequência do termo.
- **Um documento com diversos termos da consulta é mais relevante que outro documento com muitas repetições de apenas um termo**

Em vez de frequência: log da frequência

Em vez de frequência: log da frequência

- O log da frequência do termo t em d é definido:

$$w_{t,d} = \begin{cases} 1 + \log_{10} \mathrm{tf}_{t,d} & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Em vez de frequência: log da frequência

- O log da frequência do termo t em d é definido:

$$w_{t,d} = \begin{cases} 1 + \log_{10} \mathrm{tf}_{t,d} & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

- $\mathrm{tf}_{t,d} \rightarrow w_{t,d}$:
  $0 \rightarrow 0$, $1 \rightarrow 1$, $2 \rightarrow 1.3$, $10 \rightarrow 2$, $1000 \rightarrow 4$ etc.

Em vez de frequência: log da frequência

- O log da frequência do termo t em d é definido:

$$w_{t,d} = \begin{cases} 1 + \log_{10} \mathrm{tf}_{t,d} & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

- $\mathrm{tf}_{t,d} \rightarrow w_{t,d}$:
  $0 \rightarrow 0$, $1 \rightarrow 1$, $2 \rightarrow 1.3$, $10 \rightarrow 2$, $1000 \rightarrow 4$ etc.
- Pontuação para um par consulta-documento: soma em relação a termos t em q e d:
  pontuação-tf$(q, d) = \sum_{t \in q \cap d} (1 + \log \mathbf{tf}_{t,d})$

Em vez de frequência: log da frequência

- O log da frequência do termo t em d é definido:

$$w_{t,d} = \begin{cases} 1 + \log_{10} \mathrm{tf}_{t,d} & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

- $\mathrm{tf}_{t,d} \rightarrow w_{t,d}$:
  $0 \rightarrow 0$, $1 \rightarrow 1$, $2 \rightarrow 1.3$, $10 \rightarrow 2$, $1000 \rightarrow 4$ etc.
- Pontuação para um par consulta-documento: soma em relação a termos t em q e d:
  pontuação-tf$(q, d) = \sum_{t \in q \cap d} (1 + \log \mathbf{tf}_{t,d})$
- A pontuação é 0 se nenhum dos termos está presente no documento.

Exercício

- Calcular a pontuação de Jaccard e pontuação de tf para os pares consulta-documento:
- q: [informação sobre carros] d: "tudo o que você sempre quis saber sobre carros"
- q: [informação sobre carros] d: "informação sobre caminhões, informação sobre aviões, informação sobre trens"
- q: [carros verdes e caminhões verdes] d: "a polícia para carros verdes mais frequentemente"

Frequência no documento vs. frequência na coleção

Frequência no documento vs. frequência na coleção

- Frequência de termo no documento

Frequência no documento vs. frequência na coleção

- Frequência de termo no documento
- Frequência de termo **na coleção**

Peso desejado para termos raros

Peso desejado para termos raros

- Termos raros são mais informativos

Peso desejado para termos raros

- Termos raros são mais informativos
- Considere um termo em uma consulta que é **raro** na coleção, e.g. `estoicismo`

Peso desejado para termos raros

- Termos raros são mais informativos
- Considere um termo em uma consulta que é **raro** na coleção, e.g. `estoicismo`
- Um documento com esse termo é muito provavelmente relevante

Peso desejado para termos raros

- Termos raros são mais informativos
- Considere um termo em uma consulta que é **raro** na coleção, e.g. `estoicismo`
- Um documento com esse termo é muito provavelmente relevante
- $\rightarrow$ Nós queremos **pesos altos para termos raros**

Peso desejado para termos raros

- Termos raros são mais informativos
- Considere um termo em uma consulta que é **raro** na coleção, e.g. `estoicismo`
- Um documento com esse termo é muito provavelmente relevante
- $\rightarrow$ Nós queremos **pesos altos para termos raros**
- $\rightarrow$ Nós queremos **pesos baixos para termos frequentes**

Peso idf

Peso idf

- df_t é a frequência na coleção de documentos, ou seja,é o número de documentos em que t aparece

Peso idf

- df_t é a frequência na coleção de documentos, ou seja,é o número de documentos em que t aparece
- $\mathbf{df}_t$ é uma medida inversa da **informação** do termo t

Peso idf

- df_t é a frequência na coleção de documentos, ou seja,é o número de documentos em que t aparece
- **df_t** é uma medida inversa da **informação** do termo t
- Define-se **peso idf** do termo t como segue:

$$\text{idf}_t = \log_{10} \frac{N}{\text{df}_t}$$

(N é o número de documentos na coleção.)

Peso idf

- df_t é a frequência na coleção de documentos, ou seja,é o número de documentos em que t aparece
- **df_t** é uma medida inversa da **informação** do termo t
- Define-se **peso idf** do termo t como segue:

$$\text{idf}_t = \log_{10} \frac{N}{\text{df}_t}$$

(N é o número de documentos na coleção.)

- **idf_t** é a medida de **informação** do termo

Peso idf

- df_t é a frequência na coleção de documentos, ou seja,é o número de documentos em que t aparece
- **df_t** é uma medida inversa da **informação** do termo t
- Define-se **peso idf** do termo t como segue:

$$\text{idf}_t = \log_{10} \frac{N}{\text{df}_t}$$

(N é o número de documentos na coleção.)

- **idf_t** é a medida de **informação** do termo
- $[\log N/\text{df}_t]$ em vez de $[N/\text{df}_t]$ para amenizar o efeito de idf

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	
animal	100	
domingo	1000	
voar	10,000	
sobre	100,000	
o	1,000,000	

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	**6**
animal	100	
domingo	1000	
voar	10,000	
sobre	100,000	
o	1,000,000	

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	**6**
animal	100	**4**
domingo	1000	
voar	10,000	
sobre	100,000	
o	1,000,000	

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	**6**
animal	100	**4**
domingo	1000	**3**
voar	10,000	
sobre	100,000	
o	1,000,000	

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	**6**
animal	100	**4**
domingo	1000	**3**
voar	10,000	**2**
sobre	100,000	
o	1,000,000	

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	**6**
animal	100	**4**
domingo	1000	**3**
voar	10,000	**2**
sobre	100,000	**1**
o	1,000,000	

Exemplos de idf

Calcular idf_t usando a fórmula: $\text{idf}_t = \log_{10} \frac{1{,}000{,}000}{\text{df}_t}$

termo	df_t	idf_t
calpurnia	1	**6**
animal	100	**4**
domingo	1000	**3**
voar	10,000	**2**
sobre	100,000	**1**
o	1,000,000	**0**

Efeito de idf no ranking

Efeito de idf no ranking

- A medida idf influencia na ordenação quando há pelo menos 2 termos

Efeito de idf no ranking

- A medida idf influencia na ordenação quando há pelo menos 2 termos
- Por exemplo, na consulta "estoicismo antigo", peso idf **aumenta** o peso relativo de `estoicismo` e **reduz** peso relativo de `antigo`.

Efeito de idf no ranking

- A medida idf influencia na ordenação quando há pelo menos 2 termos
- Por exemplo, na consulta "estoicismo antigo", peso idf **aumenta** o peso relativo de `estoicismo` e **reduz** peso relativo de `antigo`.
- O idf tem **pouco efeito** em consultas com **um termo**.

Frequência na coleção vs. frequência no documento

termo	frequência na coleção	frequência no documento
`seguro`	10440	3997
`tentar`	10422	8760

- Frequência de t na coleção: número de ocorrências de t na coleção
- Frequência de t em documentos: número de documentos em que t ocorre

Frequência na coleção vs. frequência no documento

termo	frequência na coleção	frequência no documento
`seguro`	10440	3997
`tentar`	10422	8760

- Frequência de t na coleção: número de ocorrências de t na coleção
- Frequência de t em documentos: número de documentos em que t ocorre
- Qual termo é melhor como termo de busca?

Frequência na coleção vs. frequência no documento

termo	frequência na coleção	frequência no documento
`seguro`	10440	3997
`tentar`	10422	8760

- Frequência de t na coleção: número de ocorrências de t na coleção
- Frequência de t em documentos: número de documentos em que t ocorre
- Qual termo é melhor como termo de busca?
- Este exemplo sugere que df (e idf) é melhor como peso que cf (e "icf")

Peso tf-idf

- O peso tf-idf de um termo é o **produto de peso tf e seu peso idf**.

Peso tf-idf

- O peso tf-idf de um termo é o **produto de peso tf e seu peso idf**.
- $$w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$$

Peso tf-idf

- O peso tf-idf de um termo é o **produto de peso tf e seu peso idf**.
- $$w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$$

Peso tf-idf

- O peso tf-idf de um termo é o **produto de peso tf e seu peso idf**.
- $$w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$$
- peso tf

Peso tf-idf

- O peso tf-idf de um termo é o **produto de peso tf e seu peso idf**.
- $$w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$$
- peso idf
- Esquema bastante conhecido em RI.

Peso tf-idf

- O peso tf-idf de um termo é o **produto de peso tf e seu peso idf**.
- $$w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$$

- Esquema bastante conhecido em RI.
- Outros nomes: tf.idf, tf x idf

Resumo: tf-idf

Resumo: tf-idf

- Atribuir peso tf-idf para cada termo t em cada documento d: $w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$

Resumo: tf-idf

- Atribuir peso tf-idf para cada termo t em cada documento d: $w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$
- O peso tf-idf ...

Resumo: tf-idf

- Atribuir peso tf-idf para cada termo t em cada documento d: $w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$
- O peso tf-idf ...
  - ... aumenta com o número de ocorrência em um documento. (frequência do termo)

Resumo: tf-idf

- Atribuir peso tf-idf para cada termo t em cada documento d: $w_{t,d} = (1 + \log \mathrm{tf}_{t,d}) \cdot \log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$
- O peso tf-idf ...
  - ... aumenta com o número de ocorrência em um documento. (frequência do termo)
  - ... aumenta com a raridade do termo na coleção. (frequência em document inversa)

Exercício: frequência de termo, coleção e documento

Quantidade	Símbolo	Definição
frequência de termo	$\mathrm{tf}_{t,d}$	número de ocorrências de t em d
frequência de documentos	df_t	número de documentos em que t ocorre
frequência de coleção	cf_t	número total de ocorrências de t na coleção (incluindo repetições em documentos)

- Relação entre df e cf?
- Relação entre tf e cf?
- Relação entre tf e df?

Matriz de incidência binária

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	1	1	0	0	0	1	
`Brutus`	1	1	0	1	0	0	
`César`	1	1	0	1	1	1	
`Calpúrnia`	0	1	0	0	0	0	
`Cleópatra`	1	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como um vetor binário $\in \{0,1\}^{|V|}$.

Matriz de incidência binária

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	1	1	0	0	0	1	
`Brutus`	1	1	0	1	0	0	
`César`	1	1	0	1	1	1	
`Calpúrnia`	0	1	0	0	0	0	
`Cleópatra`	1	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como um vetor binário $\in \{0,1\}^{|V|}$.

Matriz de contagem

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	157	73	0	0	0	1	
`Brutus`	4	157	0	2	0	0	
`César`	232	227	0	2	1	0	
`Calpurnia`	0	10	0	0	0	0	
`Cleópatra`	57	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como vetor de contagem $\in \mathbb{N}^{|V|}$.

Matriz de contagem

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
`Antônio`	157	73	0	0	0	1	
`Brutus`	4	157	0	2	0	0	
`César`	232	227	0	2	1	0	
`Calpurnia`	0	10	0	0	0	0	
`Cleópatra`	57	0	0	0	0	0	
...							

Cada documento é representado como vetor de contagem $\in \mathbb{N}^{|V|}$.

Binário → contagem → matriz de pesos

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
Antônio	5.25	3.18	0.0	0.0	0.0	0.35	
Brutus	1.21	6.10	0.0	1.0	0.0	0.0	
César	8.59	2.54	0.0	1.51	0.25	0.0	
Calpúrnia	0.0	1.54	0.0	0.0	0.0	0.0	
Cleópatra	2.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
misericórdia	1.51	0.0	1.90	0.12	5.25	0.88	
pior	1.37	0.0	0.11	4.15	0.25	1.95	
...							

Cada documento é representado como um vetor de valores reais de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.

Binário → contagem → matriz de pesos

	Marco Antônio	Júlio César	A Tempestade	Hamlet	Otelo	Macbeth	...
Antônio	5.25	3.18	0.0	0.0	0.0	0.35	
Brutus	1.21	6.10	0.0	1.0	0.0	0.0	
César	8.59	2.54	0.0	1.51	0.25	0.0	
Calpúrnia	0.0	1.54	0.0	0.0	0.0	0.0	
Cleópatra	2.85	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
misericórdia	1.51	0.0	1.90	0.12	5.25	0.88	
pior	1.37	0.0	0.11	4.15	0.25	1.95	
...							

Cada documento é representado como um vetor de valores reais de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.

Documentos na forma de vetores

Documentos na forma de vetores

- Cada documento é representado em um vetor de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.

Documentos na forma de vetores

- Cada documento é representado em um vetor de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.
- Então temos um espaço vetorial com $|V|$ dimensões.

Documentos na forma de vetores

- Cada documento é representado em um vetor de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.
- Então temos um espaço vetorial com $|V|$ dimensões.
- Termos são **eixos** do espaço.

Documentos na forma de vetores

- Cada documento é representado em um vetor de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.
- Então temos um espaço vetorial com $|V|$ dimensões.
- Termos são **eixos** do espaço.
- Documentos são **pontos** ou **vetores** nesse espaço.

Documentos na forma de vetores

- Cada documento é representado em um vetor de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.
- Então temos um espaço vetorial com $|V|$ dimensões.
- Termos são **eixos** do espaço.
- Documentos são **pontos** ou **vetores** nesse espaço.
- Alto número de dimensões: dezenas de milhões de dimensões em mecanismos de busca

Documentos na forma de vetores

- Cada documento é representado em um vetor de pesos tf-idf $\in \mathbb{R}^{|V|}$.
- Então temos um espaço vetorial com $|V|$ dimensões.
- Termos são **eixos** do espaço.
- Documentos são **pontos** ou **vetores** nesse espaço.
- Alto número de dimensões: dezenas de milhões de dimensões em mecanismos de busca
- Cada vetor usa muito espaço (maior parte das dimensões é zero)

Consultas como vetores

Consultas como vetores

- Ideia 1: fazer o mesmo para as consultas: representar no espaço de alta-dimensionalidade

Consultas como vetores

- Ideia 1: fazer o mesmo para as consultas: representar no espaço de alta-dimensionalidade
- Ideia 2: Rankear documentos de acordo com sua proximidade à consulta

Consultas como vetores

- Ideia 1: fazer o mesmo para as consultas: representar no espaço de alta-dimensionalidade
- Ideia 2: Rankear documentos de acordo com sua proximidade à consulta
- proximidade = similaridade

Consultas como vetores

- Ideia 1: fazer o mesmo para as consultas: representar no espaço de alta-dimensionalidade
- Ideia 2: Rankear documentos de acordo com sua proximidade à consulta
- proximidade $=$ similaridade
- proximidade $\approx$ distância negativa

Consultas como vetores

- Ideia 1: fazer o mesmo para as consultas: representar no espaço de alta-dimensionalidade
- Ideia 2: Rankear documentos de acordo com sua proximidade à consulta
- proximidade = similaridade
- proximidade $\approx$ distância negativa
- Objetivo: estamos evitando modelo booleana e resultados tudo ou nada.

Consultas como vetores

- Ideia 1: fazer o mesmo para as consultas: representar no espaço de alta-dimensionalidade
- Ideia 2: Rankear documentos de acordo com sua proximidade à consulta
- proximidade = similaridade
- proximidade $\approx$ distância negativa
- Objetivo: estamos evitando modelo booleana e resultados tudo ou nada.
- Objetivo: rankear documentos relevantes em melhores posições que os não relevantes

Como formalizamos a similaridade no espaço vetorial

- distância (negativa) entre dois "pontos"

Como formalizamos a similaridade no espaço vetorial

- distância (negativa) entre dois "pontos"
- (= distância entre pontos finais entre pares de vetores)

Como formalizamos a similaridade no espaço vetorial

- distância (negativa) entre dois "pontos"
- (= distância entre pontos finais entre pares de vetores)
- Distância euclidiana

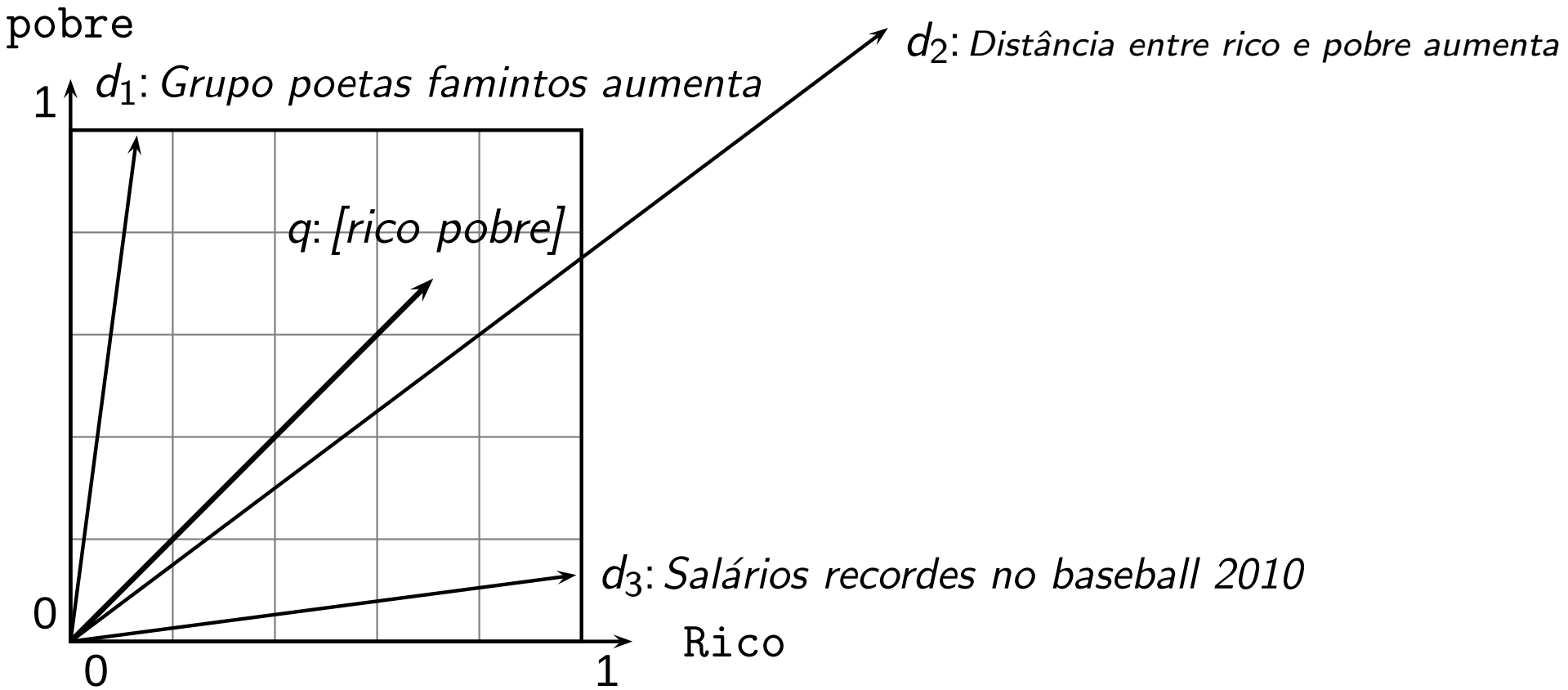
Como formalizamos a similaridade no espaço vetorial

- distância (negativa) entre dois "pontos"
- (= distância entre pontos finais entre pares de vetores)
- Distância euclidiana
- Distância euclidiana é uma má ideia . . .

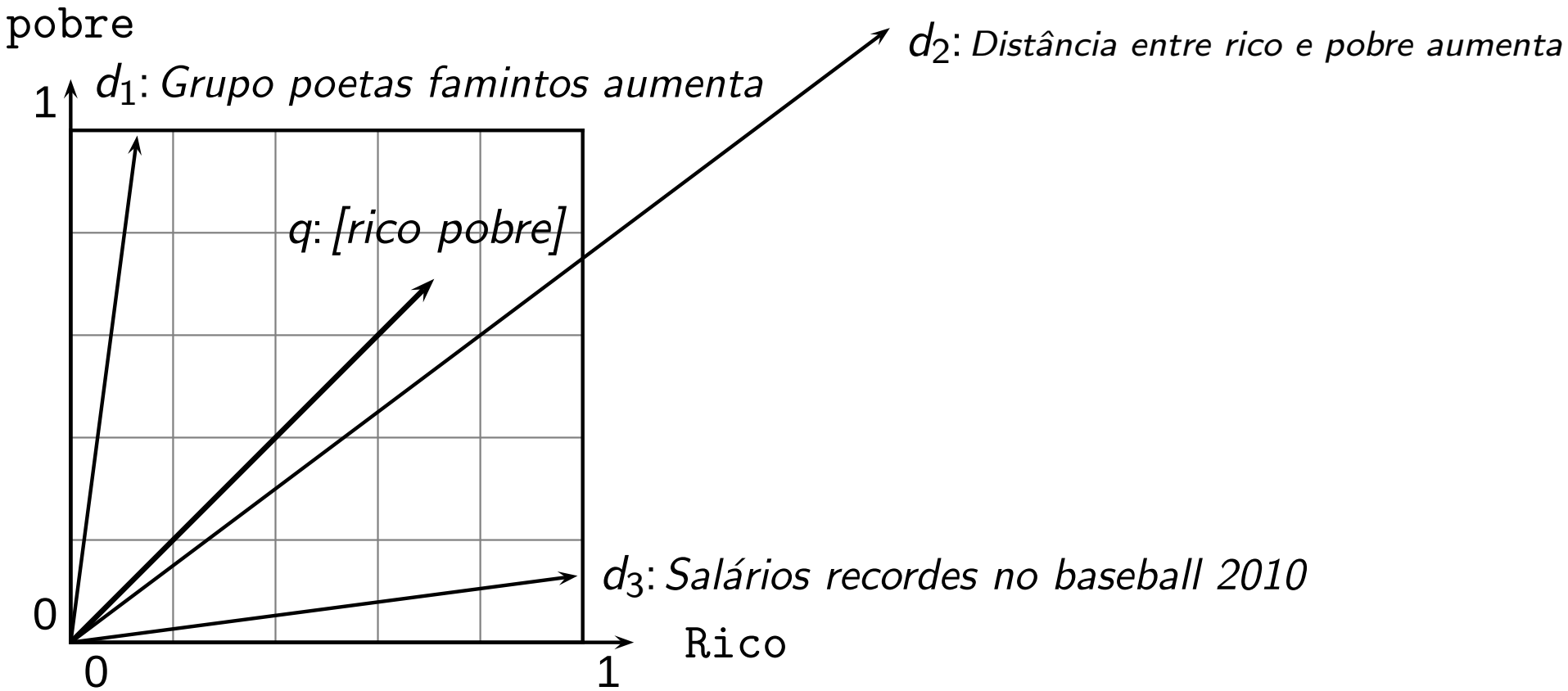
Como formalizamos a similaridade no espaço vetorial

- distância (negativa) entre dois "pontos"
- (= distância entre pontos finais entre pares de vetores)
- Distância euclidiana
- Distância euclidiana é uma má ideia . . .
- . . . porque distância euclidiana é **grande** para vetores de diferentes comprimentos

Porque distância euclidiana é uma má ideia



Porque distância euclidiana é uma má ideia



A distância euclidiana de $\vec{q}$ e $\vec{d_2}$ é grande, embora a distribuição de termos na consulta q e a distribuição dos termo no documento d_2 são muito similares.

Usar ângulo em vez de distância

Usar ângulo em vez de distância

- Ordena documento de acordo com o ângulo em relação à consulta

Usar ângulo em vez de distância

- Ordena documento de acordo com o ângulo em relação à consulta
- Avalie: pegue um documento d e adicione-o a si mesmo em d'.

Usar ângulo em vez de distância

- Ordena documento de acordo com o ângulo em relação à consulta
- Avalie: pegue um documento d e adicione-o a si mesmo em d'.
- d e d' têm mesma informação

Usar ângulo em vez de distância

- Ordena documento de acordo com o ângulo em relação à consulta
- Avalie: pegue um documento d e adicione-o a si mesmo em d'.
- d e d' têm mesma informação
- O ângulo entre os dois documentos é 0, máxima similaridade

...

Usar ângulo em vez de distância

- Ordena documento de acordo com o ângulo em relação à consulta
- Avalie: pegue um documento d e adicione-o a si mesmo em d'.
- d e d' têm mesma informação
- O ângulo entre os dois documentos é 0, máxima similaridade
  ...
- ... mesmo que a distância euclidiana entre os dois documentos seja grande

De ângulos a cosenos

De ângulos a cosenos

- As seguintes noções são equivalentes:

De ângulos a cosenos

- As seguintes noções são equivalentes:
  - Ordenar documentos de acordo com o **ângulo** entre consulta e documento em ordem decrescente

De ângulos a cosenos

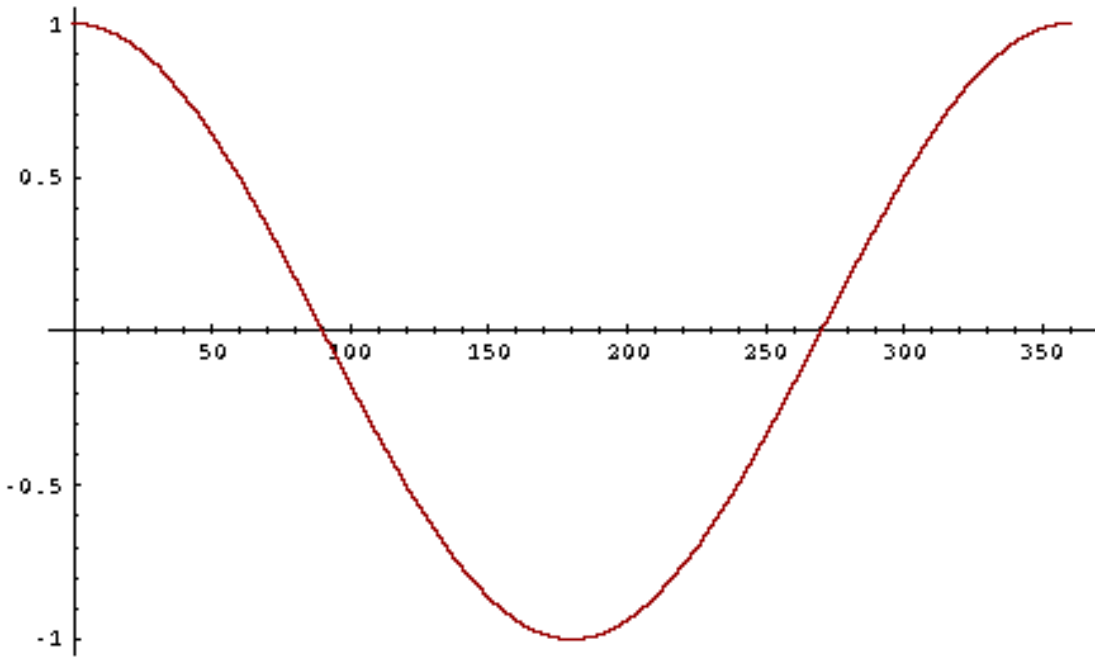
- As seguintes noções são equivalentes:
  - Ordenar documentos de acordo com o **ângulo** entre consulta e documento em ordem decrescente
  - Ordenar documentos de acordo com **coseno**(consulta, documento) em ordem crescente

De ângulos a cosenos

- As seguintes noções são equivalentes:
  - Ordenar documentos de acordo com o **ângulo** entre consulta e documento em ordem decrescente
  - Ordenar documentos de acordo com **coseno**(consulta, documento) em ordem crescente
- Coseno é uma função monotonicamente decrescente do ângulo para o intervalo $[0°, 180°]$

Coseno

Coseno



Normalização de magnitude

Normalização de magnitude

- Como calcular o coseno?

Normalização de magnitude

- Como calcular o coseno?
- Um vetor pode ter magnitude normalizada a 1 com (norma L_2): $\vec{x} = \frac{\vec{x}}{||\vec{x}||}$

Normalização de magnitude

- Como calcular o coseno?
- Um vetor pode ter magnitude normalizada a 1 com (norma L_2): $\vec{x} = \frac{\vec{x}}{||\vec{x}||}$
- Essa operação mapeia os vetores na unidade esférica . . .

Normalização de magnitude

- Como calcular o coseno?
- Um vetor pode ter magnitude normalizada a 1 com (norma L_2): $\vec{x} = \frac{\vec{x}}{||\vec{x}||}$
- Essa operação mapeia os vetores na unidade esférica ...
- Assim, documentos mais extensos ou curtos tem mesma informação

Normalização de magnitude

- Como calcular o coseno?
- Um vetor pode ter magnitude normalizada a 1 com (norma L_2): $\vec{x} = \frac{\vec{x}}{||\vec{x}||}$
- Essa operação mapeia os vetores na unidade esférica ...
- Assim, documentos mais extensos ou curtos tem mesma informação
- Efeito nos documentos d e d' (d "dobrado") : mesmo vetor depois da normalização

Similaridade coseno entre consulta e documento

Similaridade coseno entre consulta e documento

$$\cos(\vec{q}, \vec{d}) = \text{SIM}(\vec{q}, \vec{d}) = \frac{\vec{q} \cdot \vec{d}}{|\vec{q}||\vec{d}|} = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} q_i d_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} q_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} d_i^2}}$$

- q_i é o peso tf-idf do termo i na consulta.

Similaridade coseno entre consulta e documento

$$\cos(\vec{q}, \vec{d}) = \text{SIM}(\vec{q}, \vec{d}) = \frac{\vec{q} \cdot \vec{d}}{|\vec{q}||\vec{d}|} = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} q_i d_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} q_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} d_i^2}}$$

- q_i é o peso tf-idf do termo i na consulta.
- d_i é o peso tf-idf do termo i no documento.

Similaridade coseno entre consulta e documento

$$\cos(\vec{q}, \vec{d}) = \text{SIM}(\vec{q}, \vec{d}) = \frac{\vec{q} \cdot \vec{d}}{|\vec{q}||\vec{d}|} = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} q_i d_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} q_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} d_i^2}}$$

- q_i é o peso tf-idf do termo i na consulta.
- d_i é o peso tf-idf do termo i no documento.
- $|\vec{q}|$ e $|\vec{d}|$ são as magnitudes de $\vec{q}$ e $\vec{d}$.

Similaridade coseno entre consulta e documento

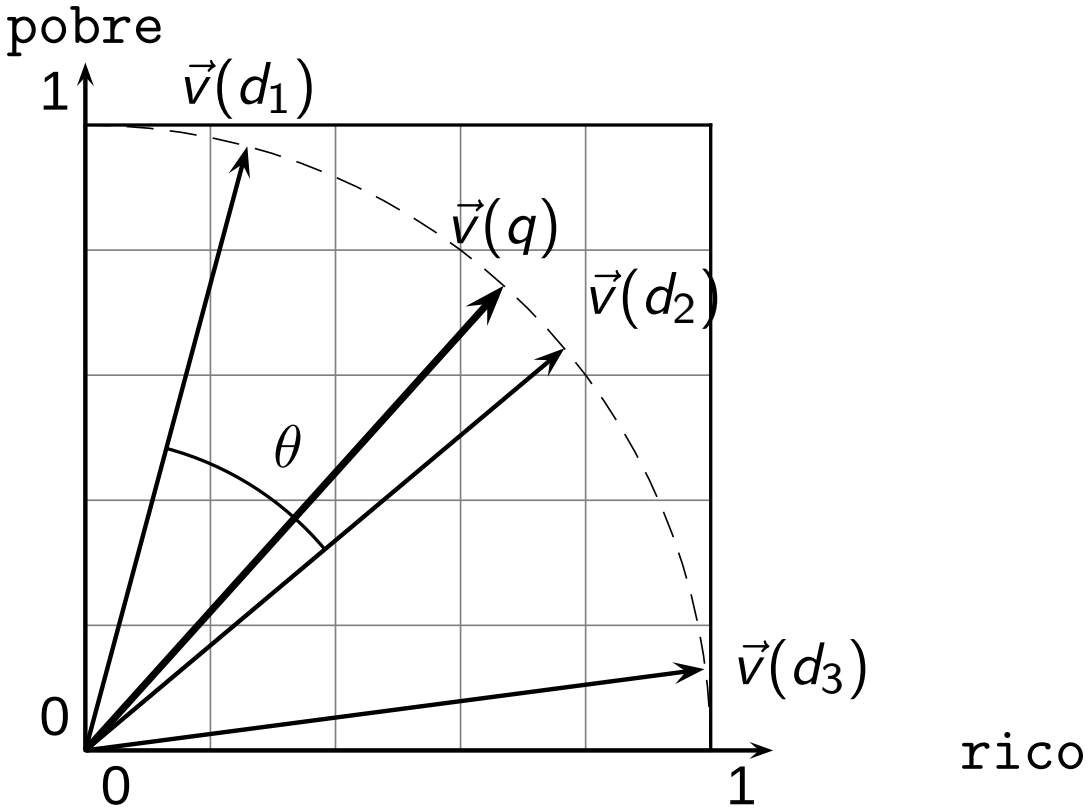
$$\cos(\vec{q}, \vec{d}) = \text{SIM}(\vec{q}, \vec{d}) = \frac{\vec{q} \cdot \vec{d}}{|\vec{q}||\vec{d}|} = \frac{\sum_{i=1}^{|V|} q_i d_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} q_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{|V|} d_i^2}}$$

- q_i é o peso tf-idf do termo i na consulta.
- d_i é o peso tf-idf do termo i no documento.
- $|\vec{q}|$ e $|\vec{d}|$ são as magnitudes de $\vec{q}$ e $\vec{d}$.
- Esta é a similaridade **coseno** entre $\vec{q}$ e $\vec{d}$ . . . . . ou, de maneira equivalente, o coseno do ângulo entre $\vec{q}$ e $\vec{d}$.

Coseno para vetores normalizados

- Para vetores normalizados, o coseno é equivalente ao produto escalar (também conhecido como produto interno).
- $\cos(\vec{q}, \vec{d}) = \vec{q} \cdot \vec{d} = \sum_i q_i \cdot d_i$
  - (se $\vec{q}$ e $\vec{d}$ são normalizados).

Similaridade de coseno ilustrada



Coseno: exemplo

O quão similares são esses livros?

ReS: Razão e Sensibilidade

OeP: Orgulho e Preconceito

MVU: Colina dos Vendavais

Coseno: exemplo

O quão similares são esses livros?

ReS: Razão e Sensibilidade

OeP: Orgulho e Preconceito

MVU: Colina dos Vendavais

frequência de termos (contagem)

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	115	58	20
ciúmes	10	7	11
fofoca	2	0	6
vendaval	0	0	38

Coseno: exemplo

frequência de termos (tf)

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	115	58	20
ciúmes	10	7	11
fofoca	2	0	6
vendaval	0	0	38

Coseno: exemplo

frequência de termos (tf)

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	115	58	20
ciúmes	10	7	11
fofoca	2	0	6
vendaval	0	0	38

1.0+ log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	3.06	2.76	2.30
ciúmes	2.0	1.85	2.04
fofoca	1.30	0	1.78
vendaval	0	0	2.58

Coseno: exemplo

frequência de termos (tf)

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	115	58	20
ciúmes	10	7	11
fofoca	2	0	6
vendaval	0	0	38

1.0+ log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	3.06	2.76	2.30
ciúmes	2.0	1.85	2.04
fofoca	1.30	0	1.78
vendaval	0	0	2.58

Para simplificar este exemplo, não usaremos idf.

Se fosse usar, como seria o cálculo?

$$idf_t = log \frac{N}{df_t}$$

presença de termos (df)

termo	ReS	OeP	MVU
`afeição`	1	1	1
`ciúmes`	1	1	1
`fofoca`	1	0	1
`vendaval`	0	0	1

Se fosse usar, como seria o cálculo?

$$idf_t = log \frac{N}{df_t}$$

presença de termos (df)

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	1	1	1
ciúmes	1	1	1
fofoca	1	0	1
vendaval	0	0	1

idf

termo	idf
afeição	$\log(3/3) = 0$
ciúmes	$\log(3/3) = 0$
fofoca	$\log(3/2) = 0.17$
vendaval	$\log(3/1) = 0.47$

Coseno: exemplo

log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	3.06	2.76	2.30
ciúmes	2.0	1.85	2.04
fofoca	1.30	0	1.78
vendaval	0	0	2.58

Coseno: exemplo

log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	3.06	2.76	2.30
ciúmes	2.0	1.85	2.04
fofoca	1.30	0	1.78
vendaval	0	0	2.58

log da frequência
& normalização do coseno

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	0.789	0.832	0.524
ciúmes	0.515	0.555	0.465
fofoca	0.335	0.0	0.405
vendaval	0.0	0.0	0.588

Coseno: exemplo

log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	3.06	2.76	2.30
ciúmes	2.0	1.85	2.04
fofoca	1.30	0	1.78
vendaval	0	0	2.58

log da frequência & normalização do coseno

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	0.789	0.832	0.524
ciúmes	0.515	0.555	0.465
fofoca	0.335	0.0	0.405
vendaval	0.0	0.0	0.588

- $\cos(\text{ReS},\text{OeP}) \approx$
  $0.789 * 0.832 + 0.515 * 0.555 + 0.335 * 0.0 + 0.0 * 0.0 \approx 0.94.$

Coseno: exemplo

log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
`afeição`	3.06	2.76	2.30
`ciúmes`	2.0	1.85	2.04
`fofoca`	1.30	0	1.78
`vendaval`	0	0	2.58

log da frequência & normalização do coseno

termo	ReS	OeP	MVU
`afeição`	0.789	0.832	0.524
`ciúmes`	0.515	0.555	0.465
`fofoca`	0.335	0.0	0.405
`vendaval`	0.0	0.0	0.588

- $\cos(\text{ReS},\text{OeP}) \approx$
  $0.789 * 0.832 + 0.515 * 0.555 + 0.335 * 0.0 + 0.0 * 0.0 \approx 0.94.$
- $\cos(\text{ReS},\text{MVU}) \approx 0.79$

Coseno: exemplo

log da frequência

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	3.06	2.76	2.30
ciúmes	2.0	1.85	2.04
fofoca	1.30	0	1.78
vendaval	0	0	2.58

log da frequência & normalização do coseno

termo	ReS	OeP	MVU
afeição	0.789	0.832	0.524
ciúmes	0.515	0.555	0.465
fofoca	0.335	0.0	0.405
vendaval	0.0	0.0	0.588

- $\cos(\text{ReS},\text{OeP}) \approx$
  $0.789 * 0.832 + 0.515 * 0.555 + 0.335 * 0.0 + 0.0 * 0.0 \approx 0.94.$
- $\cos(\text{ReS},\text{MVU}) \approx 0.79$
- $\cos(\text{OeP},\text{MVU}) \approx 0.69$

Componentes do peso tf-idf

Frequência de termos		Frequência em Documentos		Normalização	
n (natural)	$\mathrm{tf}_{t,d}$	n (não)	1	n (nenhum)	1
l (logaritmo)	$1 + \log(\mathrm{tf}_{t,d})$	t (idf)	$\log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$	c (cosseno)	$\frac{1}{\sqrt{w_1^2+w_2^2+\ldots+w_M^2}}$
a (aumentado)	$0.5 + \frac{0.5 \times \mathrm{tf}_{t,d}}{\max_t(\mathrm{tf}_{t,d})}$	p (prob idf)	$\max\{0, \log \frac{N-\mathrm{df}_t}{\mathrm{df}_t}\}$	u (pivotado único)	$1/u$
b (booleano)	$\begin{cases} 1 & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{senão} \end{cases}$				
L (log média)	$\frac{1+\log(\mathrm{tf}_{t,d})}{1+\log(\mathrm{media}_{t \in d}(\mathrm{tf}_{t,d}))}$				

Componentes do peso tf-idf

Frequência de termos		Frequência em Documentos		Normalização	
n (natural)	$\mathrm{tf}_{t,d}$	n (não)	1	n (nenhum)	1
l (logaritmo)	$1 + \log(\mathrm{tf}_{t,d})$	t (idf)	$\log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$	c (cosseno)	$\frac{1}{\sqrt{w_1^2+w_2^2+\ldots+w_M^2}}$
a (aumentado)	$0.5 + \frac{0.5 \times \mathrm{tf}_{t,d}}{\max_t(\mathrm{tf}_{t,d})}$	p (prob idf)	$\max\{0, \log \frac{N-\mathrm{df}_t}{\mathrm{df}_t}\}$	u (pivotado único)	$1/u$
b (booleano)	$\begin{cases} 1 & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{senão} \end{cases}$				
L (log média)	$\frac{1+\log(\mathrm{tf}_{t,d})}{1+\log(\mathrm{media}_{t \in d}(\mathrm{tf}_{t,d}))}$				

Melhor combinação conhecida de opções de pesos

Componentes do peso tf-idf

Frequência de termos		Frequência em Documentos		Normalização	
n (natural)	$\mathrm{tf}_{t,d}$	n (não)	1	n (nenhum)	1
l (logaritmo)	$1 + \log(\mathrm{tf}_{t,d})$	t (idf)	$\log \frac{N}{\mathrm{df}_t}$	c (cosseno)	$\frac{1}{\sqrt{w_1^2+w_2^2+\ldots+w_M^2}}$
a (aumentado)	$0.5 + \frac{0.5 \times \mathrm{tf}_{t,d}}{\max_t(\mathrm{tf}_{t,d})}$	p (prob idf)	$\max\{0, \log \frac{N-\mathrm{df}_t}{\mathrm{df}_t}\}$	u (pivotado único)	$1/u$
b (booleano)	$\begin{cases} 1 & \text{se } \mathrm{tf}_{t,d} > 0 \\ 0 & \text{senão} \end{cases}$				
L (log média)	$\frac{1+\log(\mathrm{tf}_{t,d})}{1+\log(\mathrm{media}_{t \in d}(\mathrm{tf}_{t,d}))}$				

Padrão: sem peso

Exemplo tf-idf

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq
- Exemplo: lnc.ltn

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq
- Exemplo: lnc.ltn
- documento: log tf, sem peso df, normalização coseno

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq
- Exemplo: lnc.ltn
- documento: log tf, sem peso df, normalização coseno
- consulta: log tf, idf, sem normalização

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq
- Exemplo: lnc.ltn
- documento: log tf, sem peso df, normalização coseno
- consulta: log tf, idf, sem normalização
- É ruim não colocar peso idf no documento?

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq
- Exemplo: lnc.ltn
- documento: log tf, sem peso df, normalização coseno
- consulta: log tf, idf, sem normalização
- É ruim não colocar peso idf no documento?
- Exemplo consulta: "melhor seguro carro"

Exemplo tf-idf

- Frequentemente utiliza-se **diferentes opções de pesos** para consultas e documentos.
- Notação: ddd.qqq
- Exemplo: lnc.ltn
- documento: log tf, sem peso df, normalização coseno
- consulta: log tf, idf, sem normalização
- É ruim não colocar peso idf no documento?
- Exemplo consulta: "melhor seguro carro"
- Exemplo documento: "melhor seguro carro auto"

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto										
melhor										
carro										
seguro										

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0									
melhor	1									
carro	1									
seguro	1									

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0					1				
melhor	1					0				
carro	1					1				
seguro	1					2				

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0				1				
melhor	1	1				0				
carro	1	1				1				
seguro	1	1				2				

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0				1	1			
melhor	1	1				0	0			
carro	1	1				1	1			
seguro	1	1				2	1.3			

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000			1	1			
melhor	1	1	50000			0	0			
carro	1	1	10000			1	1			
seguro	1	1	1000			2	1.3			

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3		1	1			
melhor	1	1	50000	1.3		0	0			
carro	1	1	10000	2.0		1	1			
seguro	1	1	1000	3.0		2	1.3			

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3	0	1	1			
melhor	1	1	50000	1.3	1.3	0	0			
carro	1	1	10000	2.0	2.0	1	1			
seguro	1	1	1000	3.0	3.0	2	1.3			

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3	0	1	1			
melhor	1	1	50000	1.3	1.3	0	0			
carro	1	1	10000	2.0	2.0	1	1			
seguro	1	1	1000	3.0	3.0	2	1.3			

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3	0	1	1	1		
melhor	1	1	50000	1.3	1.3	0	0	0		
carro	1	1	10000	2.0	2.0	1	1	1		
seguro	1	1	1000	3.0	3.0	2	1.3	1.3		

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3	0	1	1	1	0.52	
melhor	1	1	50000	1.3	1.3	0	0	0	0	
carro	1	1	10000	2.0	2.0	1	1	1	0.52	
seguro	1	1	1000	3.0	3.0	2	1.3	1.3	0.68	

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

$\sqrt{1^2 + 0^2 + 1^2 + 1.3^2} \approx 1.92$
$1/1.92 \approx 0.52$
$1.3/1.92 \approx 0.68$

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3	0	1	1	1	0.52	0
melhor	1	1	50000	1.3	1.3	0	0	0	0	0
carro	1	1	10000	2.0	2.0	1	1	1	0.52	1.04
seguro	1	1	1000	3.0	3.0	2	1.3	1.3	0.68	2.04

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Exemplo tf-idf : lnc.ltn

Consulta: "melhor seguro carro". Documento: "carro seguro auto seguro".

palavra	consulta					documento				produto
	tf	tf-com-peso	df	idf	peso	tf	tf-com-peso	peso	norm.	
auto	0	0	5000	2.3	0	1	1	1	0.52	0
melhor	1	1	50000	1.3	1.3	0	0	0	0	0
carro	1	1	10000	2.0	2.0	1	1	1	0.52	1.04
seguro	1	1	1000	3.0	3.0	2	1.3	1.3	0.68	2.04

Colunas: tf: (sem peso) frequência de termo , tf-com-peso: log frequência de termo , df: frequência de documento , idf: frequência de documento inversa, peso: o peso final do termo na consulta ou documento, norm.: pesos de documentos depois de normalização , produto: produto do peso final da consulta e peso final do documento

Resultado final de similaridade entre consulta e documento:
$\sum_i w_{qi} \cdot w_{di} = 0 + 0 + 1.04 + 2.04 = 3.08$

Computando a pontuação cosseno

```
PontuacaoCosseno(q)
 1  float Pontuacao[N] = 0 // pontuacao de cada documento
 2  float Tamanho[N] // tamanho de cada documento
 3  for each termo consulta t
 4  do calcular w_{t,q} e obter lista de referências para t
 5      for each par(d, tf_{t,d}) na lista de referências
 6      do Pontuacao[d] += w_{t,d} × w_{t,q}
 7  for each d
 8  do // normalização
 9      Pontuacao[d] = Pontuacao[d]/Tamanho[d]
10  return Top K componentes da Pontuacao[]
```

Resumo: recuperação ordenada no modelo de espaço vetorial

Resumo: recuperação ordenada no modelo de espaço vetorial

- Representar a consulta como um vetor tf-idf com pesos

Resumo: recuperação ordenada no modelo de espaço vetorial

- Representar a consulta como um vetor tf-idf com pesos
- Representar cada documento como um vetor tf-idf com pesos

Resumo: recuperação ordenada no modelo de espaço vetorial

- Representar a consulta como um vetor tf-idf com pesos
- Representar cada documento como um vetor tf-idf com pesos
- Calcular a similaridade coseno entre o vetor consulta e vetor documento

Resumo: recuperação ordenada no modelo de espaço vetorial

- Representar a consulta como um vetor tf-idf com pesos
- Representar cada documento como um vetor tf-idf com pesos
- Calcular a similaridade coseno entre o vetor consulta e vetor documento
- Rankear documentos em relação à consulta

Resumo: recuperação ordenada no modelo de espaço vetorial

- Representar a consulta como um vetor tf-idf com pesos
- Representar cada documento como um vetor tf-idf com pesos
- Calcular a similaridade coseno entre o vetor consulta e vetor documento
- Rankear documentos em relação à consulta
- Exibir os K melhores resultados (e.g., $K = 10$) ao usuário