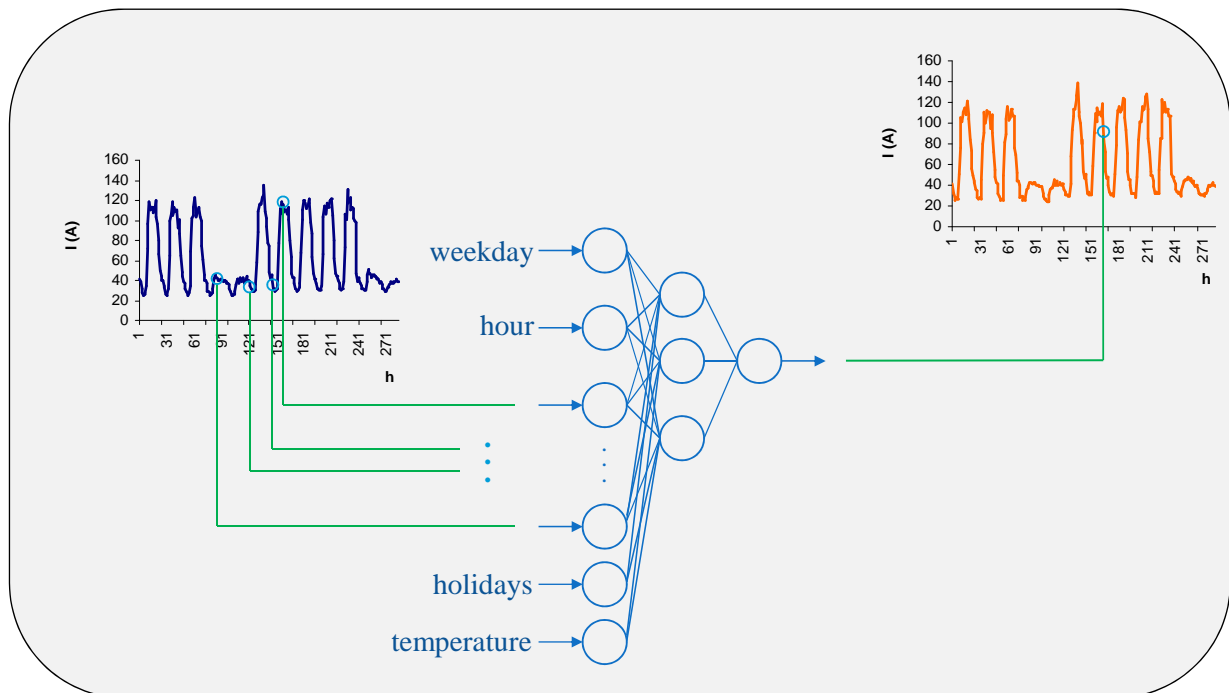


# Previsão de consumos

Nuno Fidalgo



## Prever o quê?

- o diagrama de potências, a ponta do diagrama (MW)
- a energia vendida, a energia a distribuída (MWh)
- a intensidade de corrente nos *feeders* de subestações (A)
- P e Q nos transformadores de PTs
- número ou localização de consumidores
- Produção eólica, hídrica,...
- preços da energia em mercados
- ...

# Previsão de cargas

## Objetivos

---

- Planeamento da expansão
  - Reforço e expansão da rede (Quanto? Quando?)
  - Localização de equipamentos e traçados (Onde?)
  
- Planeamento financeiro
  - Estimar os lucros da venda de energia
  - Planear contratos para compra de energia
  
- Gestão da procura
  - Identificar causas e tomar medidas que incentivem a diminuição das pontas
  - Definição de tarifários

**Cont. →**

---

3

# Previsão de cargas

## Objetivos

---

**Cont. →**

- Programação da manutenção e operação
  - Diminuir efeitos de interrupções
  - Estudos de transferência de carga
  - Estudos de configurações da rede
  
- Planeamento da produção dispersa
  - Estudos de níveis de integração da produção dispersa

---

4

# Previsão com RN

## *Tópicos/fases fundamentais*

---

- Seleção de entradas
    - Fatores que afetam o consumo (e.g. temperatura)
    - Análise de ciclos, sazonalidades, etc.
    - Saídas (targets) a considerar
  
  - Estandarização (normalização) das entradas
    - Combater o efeito de escala e de tendência
    - Equalização das condições de treino
  
  - Tratamento de entradas cíclicas
    - Transformação (**sen** e **cos**) facilita aprendizagem
  
  - Otimizar capacidade de generalização
    - Monitorização e controlo dos erros de treino e de teste
    - Ajuste da arquitetura da RN
- 

5

# Fatores que afetam o consumo

## *Variáveis explicativas → Entradas da RN*

---

- Fatores económicos (âmbito global; previsões a médio prazo)
  - Índices macroeconómicos (PIB, inflação, índices de produtividade industrial, taxas de emprego, índices de investimento)
  - Preço da energia
  
- Fatores cronológicos (âmbito global; conhecido das séries temporais)
  - Sazonalidade (anual, semanal e diária), fins de semana, feriados, período de férias, mudança de hora
  
- Fatores meteorológicos (âmbito global e regional; previsão a curto prazo)
  - Temperatura, humidade, índices de conforto, velocidade de vento, nebulosidade
  
- Fatores demográficos (âmbito global e regional; previsão a longo prazo)
  - Número de consumidores (por classe de consumo), população (por faixa etária), índices de mobilidade

**Cont. →**

---

6

# Fatores que afetam o consumo

*Variáveis explicativas* → Entradas da RN

---

Cont. →

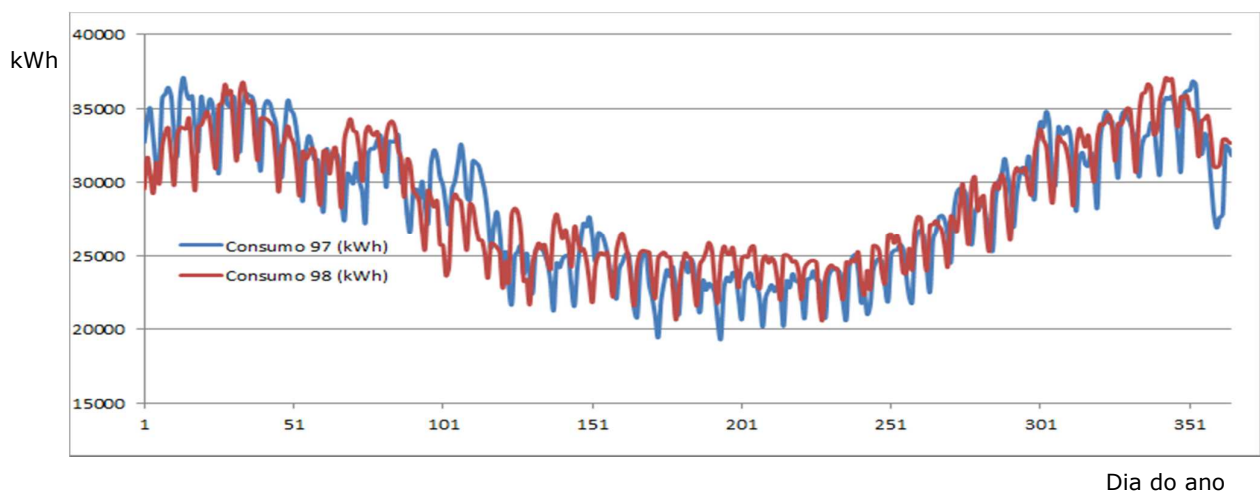
- Comportamentos sociais (âmbito global; calendarizado)
    - share de televisão, acontecimentos desportivos / festivos
    - comportamentos típicos de classes de consumo
  - Tecnologias de consumo (âmbito global; previsão a longo prazo)
    - Novos processos industriais, novos produtos, novos eletrodomésticos, eficiência das tecnologias
  - Fatores geográficos (âmbito local; médio / longo prazo)
    - Planos diretores municipais
    - Restrições ambientais e técnicas
    - Densidade populacional (por classe de consumo e por classe económica), antiguidade dos consumidores
    - Distância a serviços comércio e indústria
- 

7

## Previsão de consumos a curto prazo

---

Observar variações e analisar tendências



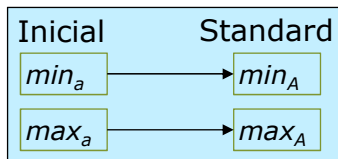
Neste caso:

- Dia do ano pode ter influência mas há poucos exemplos para cada dia
  - Dia da semana é importante
  - Não parece haver tendência de crescimento
- 

8

# Estandarização

## ❑ Método Min-Máx



estandardização

$$v' = \frac{v - \min_a}{\max_a - \min_a} \times (\max_A - \min_A) + \min_A$$

destandardização

$$v = \frac{v' - \min_A}{(\max_A - \min_A)} \times (\max_a - \min_a) + \min_a$$

Habitualmente,  $\min_A = -1$  e  $\max_A = 1$

## ❑ Método Z-Score - Entradas normalizadas apresentam média zero e desvio padrão unitário

estandardização

$$v' = \frac{v - \langle v \rangle}{\sigma_v}$$

Destandardização

$$v = v' \sigma_v + \langle v \rangle$$

$\langle v \rangle$  - valor médio de  $v$   
 $\sigma_v$  - desvio padrão de  $v$

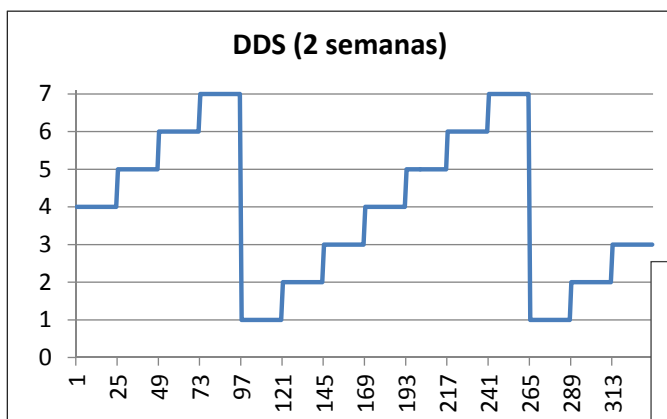
## ❑ Método Decimal Scaling - mudança de escala com divisão por múltiplos de 10, onde $j$ é o menor valor inteiro que satisfaz a condição $\max |v'| < 1$

estandardização  $v' = \frac{v}{10^j}$

destandardização  $v = v' \cdot 10^j$

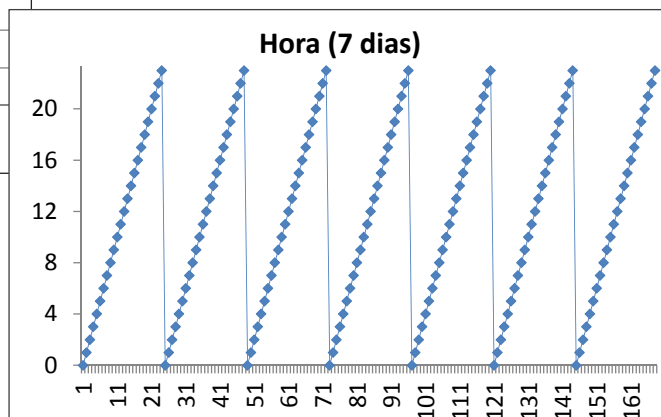
# Previsão de consumos

## Tratamento de entradas cíclicas



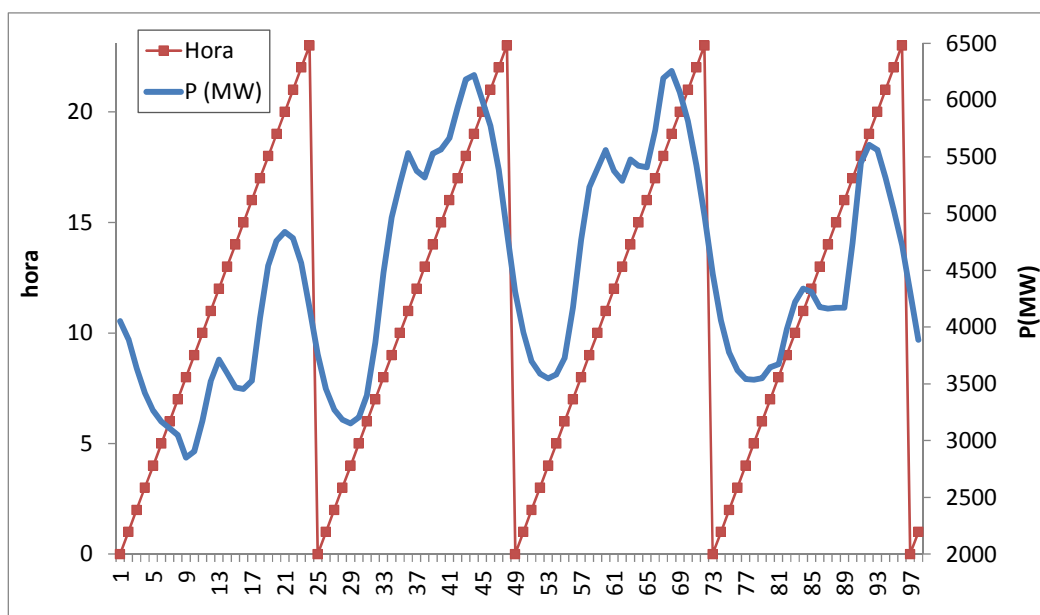
Transição brusca do dia 7 (sábado) para dia 1 (domingo).  
E no consumo?

Transição brusca das 23h para as 0h.  
E no consumo?



# Previsão de consumos

## Tratamento de entradas cíclicas



No consumo não há correspondência à transição repentina da hora!

11

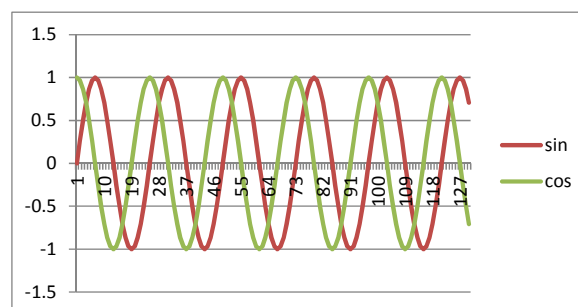
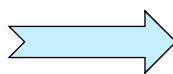
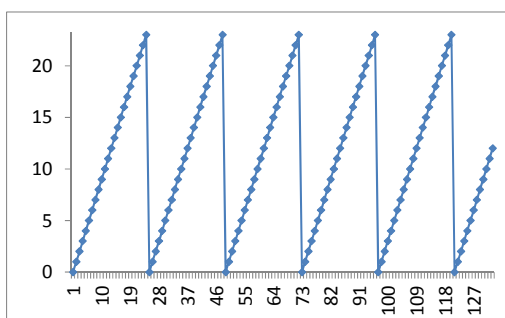
# Previsão de consumos

## Tratamento de entradas cíclicas

- Solução: Transformar cada entrada cíclica em 2 variáveis seno e cosseno com o mesmo período.

- Exemplo: **hora** (Período = 24)

$$h_1 = \sin \frac{2\pi h}{24}$$
$$h_2 = \cos \frac{2\pi h}{24}$$



12

# Previsão de consumos

## Otimizar capacidade de generalização

- Objetivo principal da previsão: Estimar carga futura com a maior exatidão possível, em regime operacional.



Em aplicação real da previsão apenas existem dados novos (não usados no processo de treino).

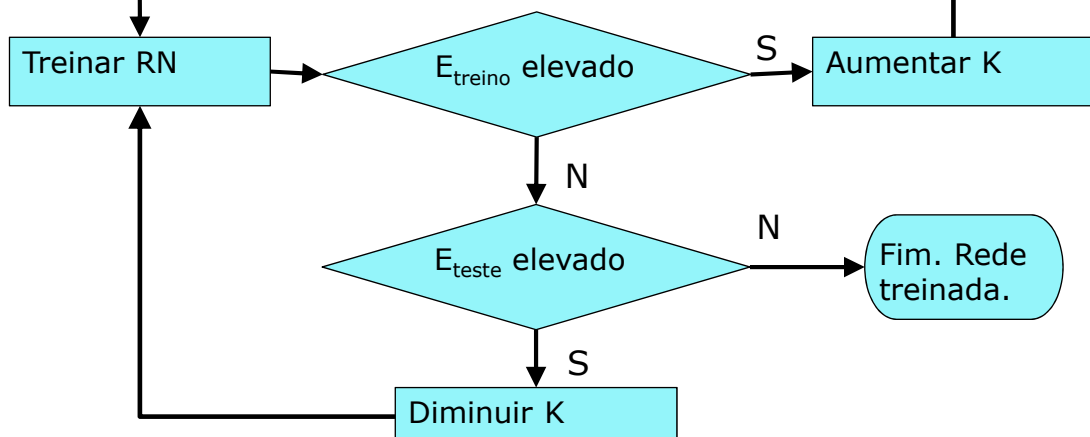
- Interessa sobretudo minimizar o erro no conjunto de teste
- Analisar e controlar erros nos conjuntos de treino e de teste

13

# Previsão de consumos

## Otimizar capacidade de generalização

Definir RN: entradas, saídas e **K** unidades (neurónios) escondidos



14

# Previsão de consumos

## Otimizar capacidade de generalização

---

- **$E_{\text{treino}}$  elevado** significa falta de capacidade da RN  $\Rightarrow$  aumento do número de unidades escondidas
  - Aumenta número de pesos (parâmetros do regressor)
  - $E_{\text{treino}}$  elevado pode também ter origem na falta de informação suficiente para caracterizar relação **saída = f(entradas)**
  
- **$E_{\text{treino}}$  baixo e  $E_{\text{teste}}$  elevado** significa que a RN conseguiu adaptar-se aos padrões (exemplos) de treino, mas não consegue generalizar bem
  - Provavelmente por excesso de parâmetros (demasiados pesos)
  - Solução: diminuir parâmetros  $\rightarrow$  diminuir pesos (ligações entre unidades)  $\rightarrow$  diminuir unidades escondidas (admitindo que entradas e saídas da RN se mantêm)