



# Máquinas Térmica Introdução

Jurandir Itizo Yanagihara



## Origem de nossa energia



Usinas hidrelétricas



## Origem de nossa energia



Usinas termoeletricas

3



## Origem de nossa energia



Usinas nucleares

4



## Qual o impacto?



**Poluição**



**Aquecimento global?**

5



## Fontes alternativas



**Fazendas eólicas**

6



## Fontes alternativas



Células fotovoltaicas

7



## Fontes alternativas



Plantas solares

8



## Repartição interna de energia

### RENOVÁVEIS ► 41,0%

biomassa da  
cana  
16,1%



hidráulica<sup>1</sup>  
12,5%



lenha e  
carvão vegetal  
8,3%



lixívia e outras  
renováveis  
4,2%



<sup>1</sup> Inclui importação de eletricidade oriunda de fonte hidráulica

### NÃO RENOVÁVEIS ► 59,0%

petróleo e  
derivados  
39,3%



gás  
natural  
12,8%



carvão  
mineral  
5,6%



urânio  
1,3%



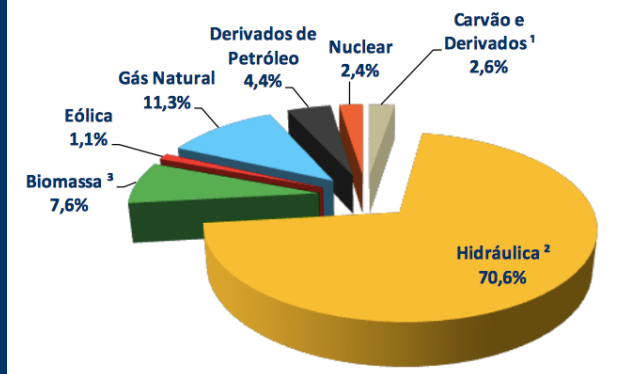
Fonte: Ministério das Minas e Energia - Balanço energético (2014).

9



## Matriz elétrica brasileira

### BRASIL (2013)



geração hidráulica<sup>2</sup> em 2013: 430,9 TWh

geração total<sup>2</sup> em 2013: 609,9 TWh

Fonte: Ministério das Minas e Energia - Balanço energético (2014).

10



## Capacidade instalada em MW

Fonte	2013	2012	Δ 13/12
Hidrelétrica	86.018	84.294	2,0%
Térmica <sup>1</sup>	36.528	32.778	11,4%
Nuclear	1.990	2.007	-0,8%
Eólica <sup>2</sup>	2.207	1.894	16,5%
<b>Capacidade disponível</b>	<b>126.743</b>	<b>120.973</b>	<b>4,8%</b>

<sup>1</sup> Inclui biomassa, gás, petróleo e carvão mineral

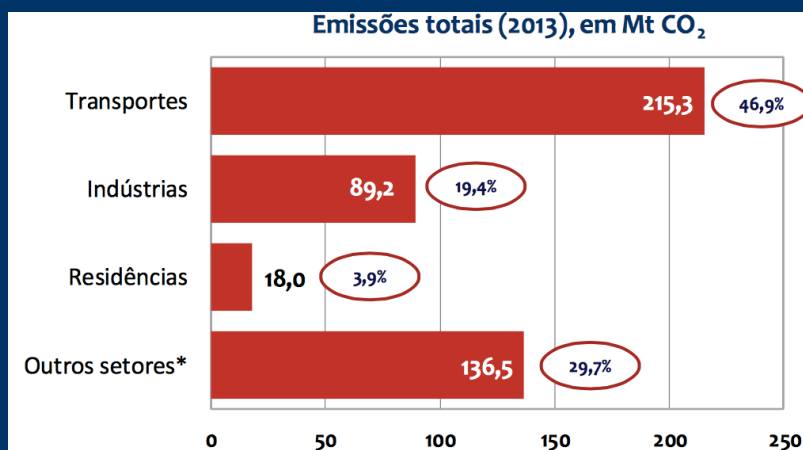
<sup>2</sup> Inclui solar

Fonte: Ministério das Minas e Energia - Balanço energético (2014).

11



## Emissões de CO<sub>2</sub>



\* inclui os setores agropecuário, serviços, energético, elétrico e as emissões fugitivas

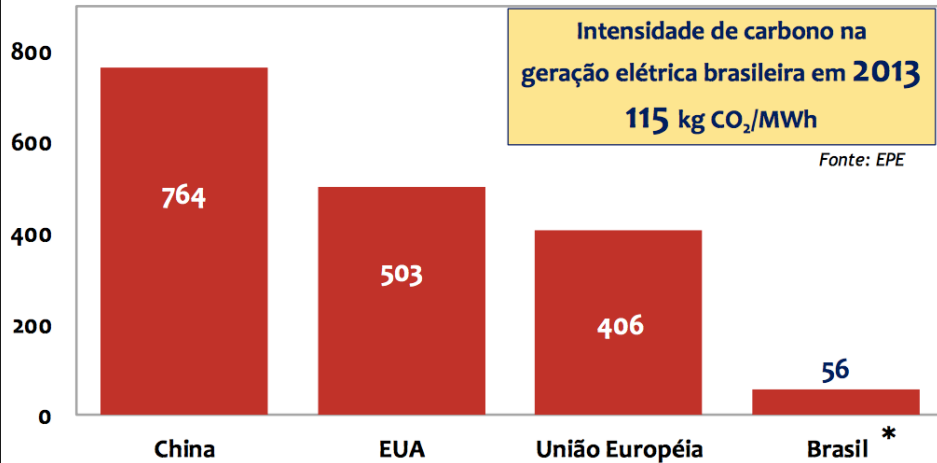
Fonte: Ministério das Minas e Energia - Balanço energético (2014).

12



## Emissões na produção de energia elétrica

Emissões de CO<sub>2</sub> por MWh gerado (2011)

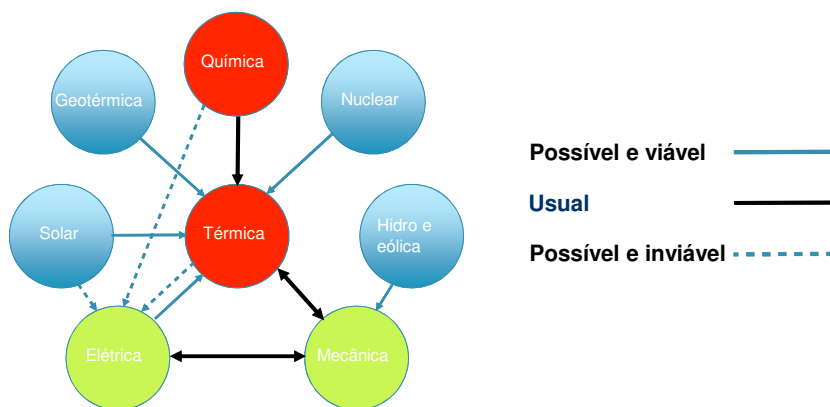


Fonte: Ministério das Minas e Energia - Balanço energético (2014).

13



## Conversão de energia



Adaptado de: Eastop, T. D., Croft, D. R., 1996, Energy Efficiency for Engineers and Technologists, Addison Wesley Longman Limited.

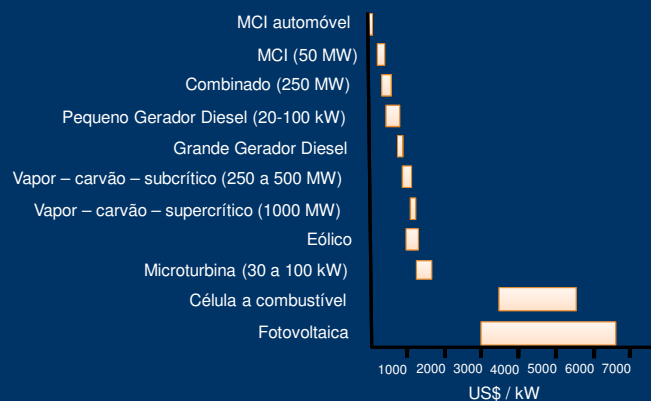


## Desempenho – Sistemas de Potência

Origem	Rendimento típico (%)	Faixa típica (%)
Fotovoltaica	10	5 a 10
Solar térmica	15	10 a 25
Turbina a gás	30	15 a 38
Otto	30	25 a 35
Nuclear	33	32 a 35
Turbina a vapor	33	25 a 39
Turbina eólica	40	30 a 50
Diesel	40	35 a 49
Célula a combustível	45	40 a 70
Combinado	50	45 a 60
Hidroelétrica	85	70 a 90



## Custo capital\* - Sistemas de Potência



\* Valores aproximados





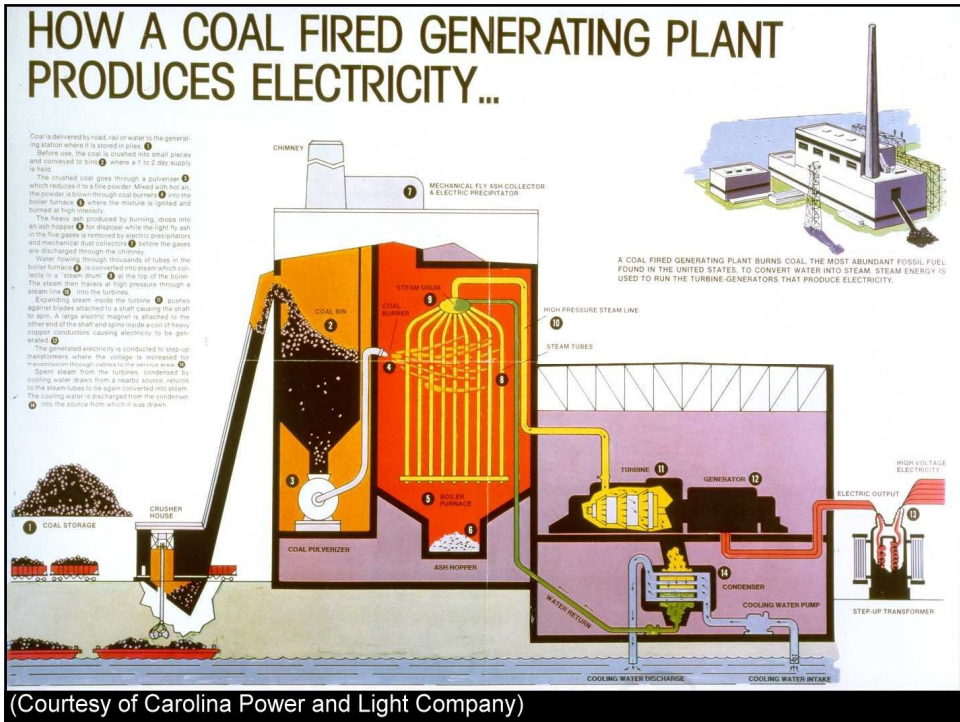
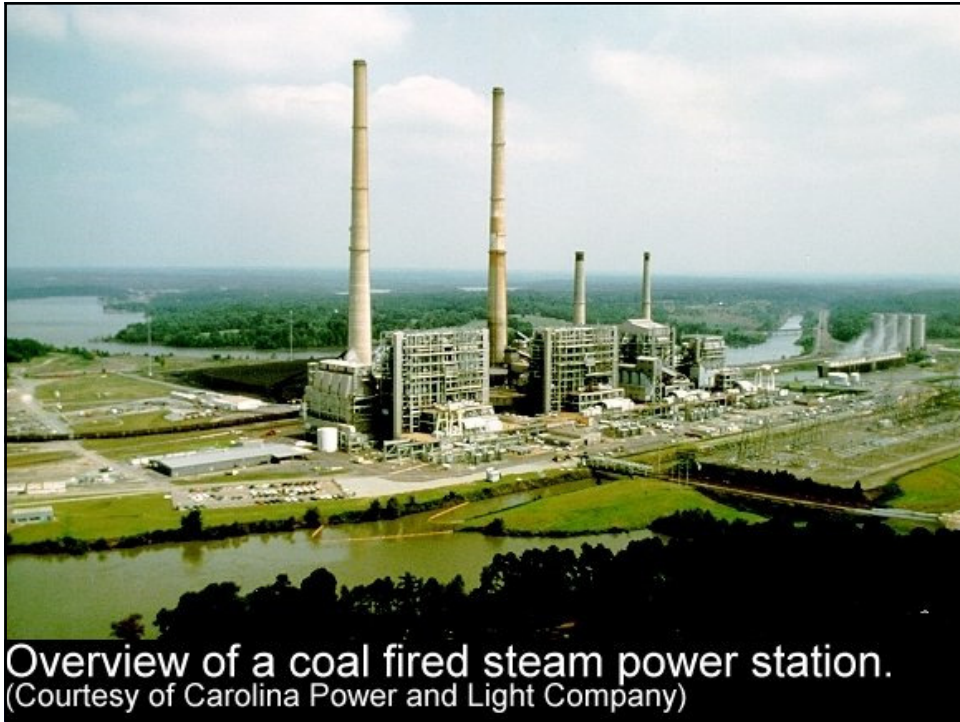
## Por que estudar ciclos

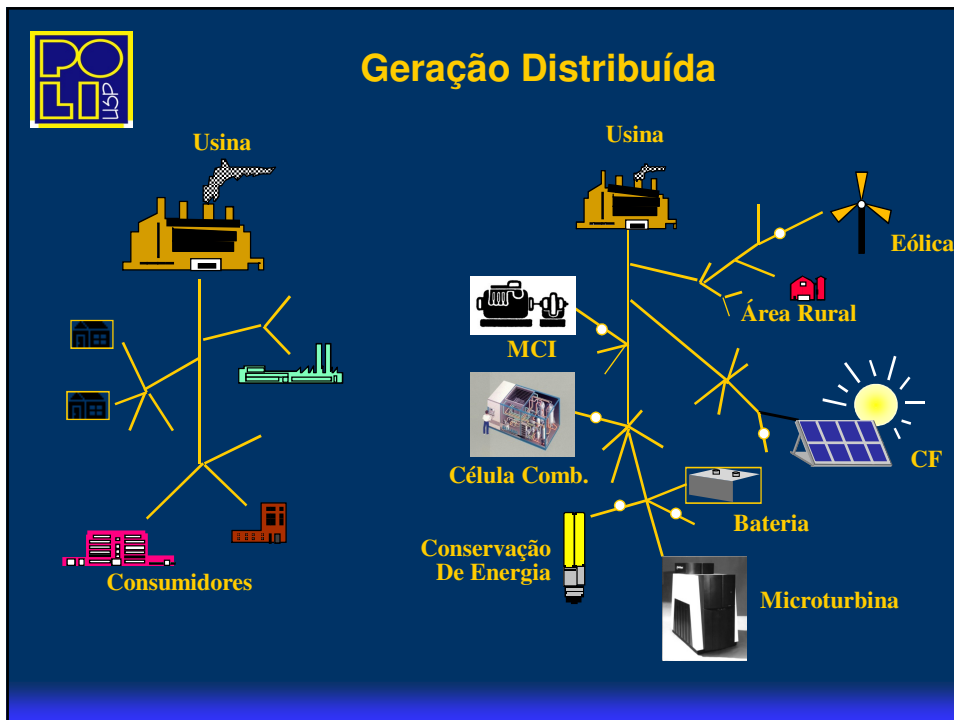
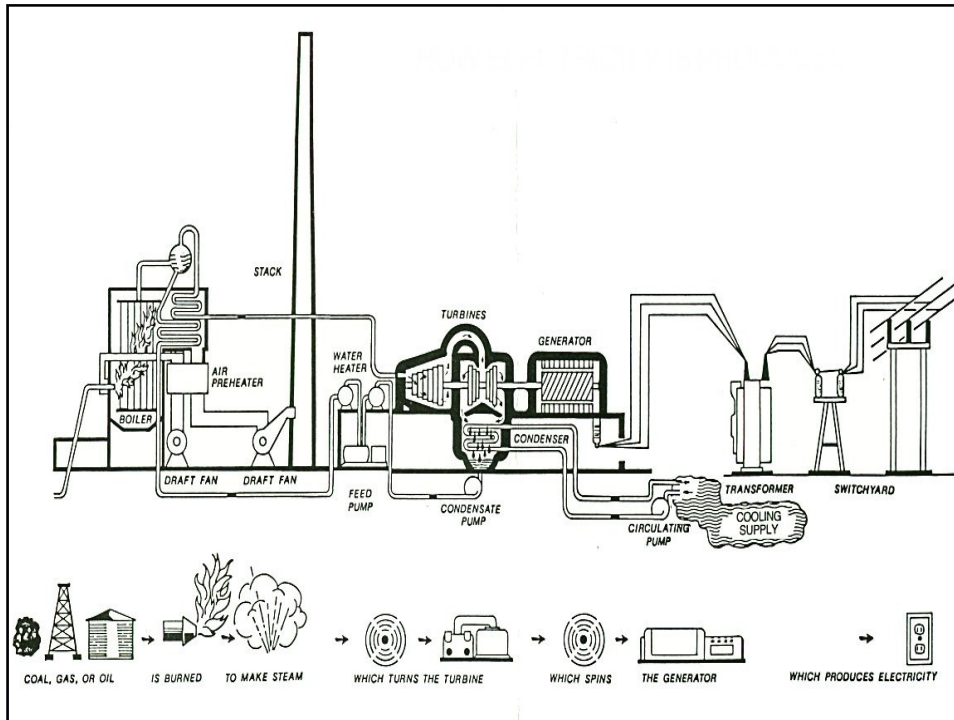
- Pergunta: Qual o custo do combustível de uma usina termelétrica de 500 MW de potência elétrica, queimando combustível fóssil, operando segundo um Ciclo de Rankine com eficiência de 35%, funcionando 24 h / dia, 365 dias / ano, se o custo do combustível é de US\$ 8 por Milhão de BTU?
- Resposta:
  - US\$ 942.624 / dia
  - US\$ 344.057.760 / ano



## Por que estudar mais

- Pergunta: Se você pudesse melhorar a eficiência desta usina termelétrica de 500 MW de 35% para 36%, qual seria um preço razoável para este serviço de engenharia?
- Resposta:
  - US\$ 26.184 / dia
  - US\$ 9.557.160 / ano





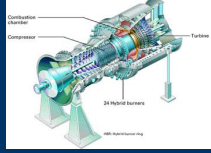


## Prime Movers

Turbinas a Vapor



Turbinas a Gas



MCI (Diesel, Otto)



Ciclo Combinado

Microturbinas



Células Combust.



Motores Stirling



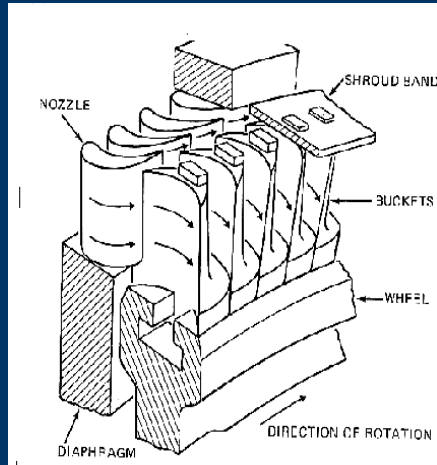
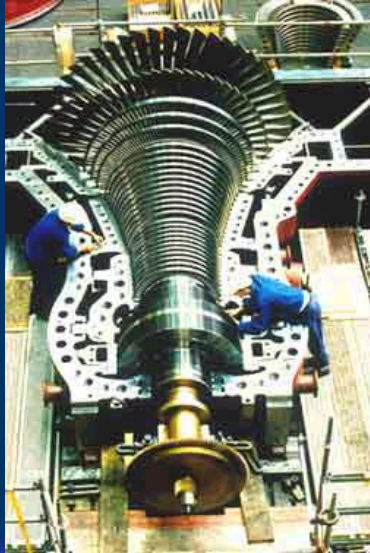
## Geradores de Vapor



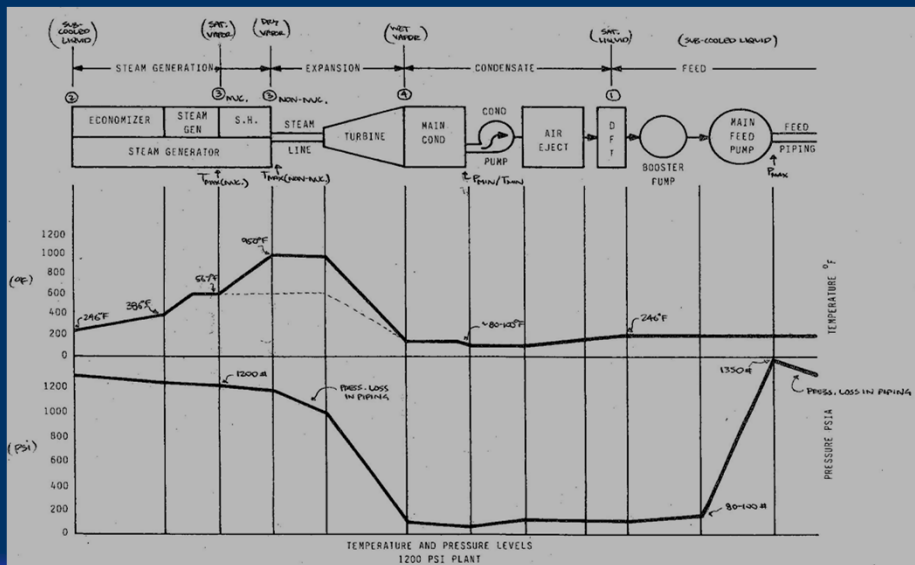
GERADORES DE VAPOR



## Turbina a Vapor

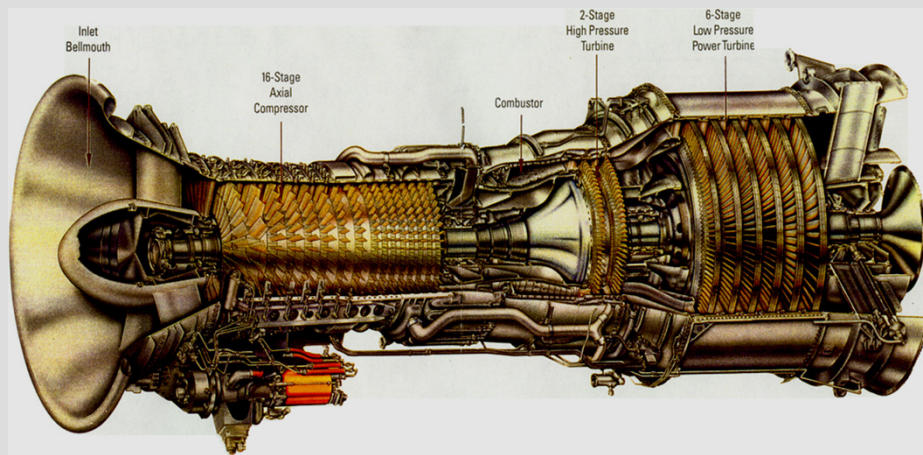


## Ciclo de Turbina a Vapor

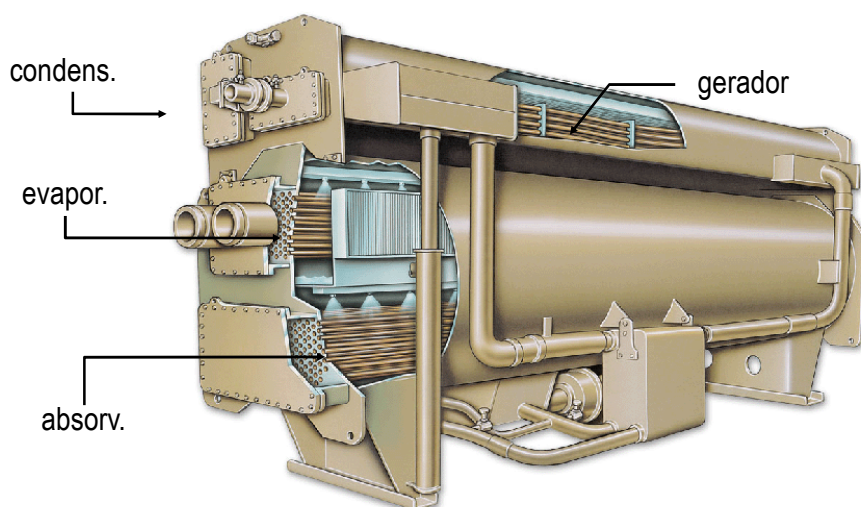




## Turbina a Gas



## Chiller de Absorção





## Avaliação

- Critério de Aproveitamento: Nota mínima 5,0 em Teoria (T) e 5,0 em Laboratório (L).
- Nota Final =  $0,65 \cdot T + 0,35 \cdot L$ 
  - T =  $0,25 \cdot [P1+P2+M(\text{monografia})+S(\text{simulador})]$
  - L = Média de Laboratório
- A prova substitutiva pode ser feita somente pelos alunos que perderam uma das provas por motivo de doença ou acidente, com atestado médico do HU.