

NOME:

Nº:

**Part I (10 val) 10 questões verdadeiro ou falso de 1 val (desconta 0.5 valores por cada errada)**

1. Na estequiometria a quantidade de ar necessária para a combustão é igual à de combustível, de forma a garantir a sua queima completa, sendo a sua relação igual a 1.  
True ☐  
False ☒
2. A massa de produtos da combustão é aproximadamente igual à massa de combustível.  
True ☐  
False ☒
3. A temperatura adiabática de combustão diminui com a dissociação dos produtos de combustão e a sua recirculação para a câmara de combustão.  
True ☒  
False ☐
4. As emissões de monóxido de carbono e hidrocarbonetos aumentam com a riqueza da mistura, sendo mais afectadas as emissões de CO.  
True ☒  
False ☐
5. A emissão de partículas inclui a chamada “soot” constituída por carbono e cinzas (minerais).  
True ☒  
False ☐
6. O poder calorífico de um carvão é tanto maior quanto maior a percentagem de matéria volátil e de humidade.  
True ☐  
False ☒
7. A adição de ureia nos produtos de escape de um carro a gasolina serve para fazer a redução catalítica selectiva dos óxidos de azoto.  
True ☐  
False ☒
8. Na combustão, o tempo de vida de uma gota e combustão de uma partícula de carvão pode ser estimado através da lei do  $D_0^2$ .  
True ☒  
False ☐
9. A velocidade de propagação de uma chama de pré-mistura laminar é tanto maior quanto maior a turbulência, pressão e temperatura na câmara de combustão.  
True ☒  
False ☐
10. O vetor da velocidade de uma chama de pré-mistura ou de difusão tem o sentido dos reagentes para os produtos.  
True ☐  
False ☒

Part II (10 val)

Considere a queima de gasóleo e biodiesel com excesso de ar nas condições padrão. A análise seca dos produtos de combustão, base molar, conduziu aos resultados apresentados na tabela. Calor de vaporização da água 2442.3 KJ/kg. Entalpia de formação do enxofre 0 KJ/kmol.

Gasóleo $C_{10.8}H_{18.7}$	Biodiesel $C_{18}H_{32}O_2$
(índice de cetano 48, limite de flamabilidade 0.6-6.5 % combustível/ar, temperatura de ignição 254-285°C, $\bar{h}_f^0$ -180940.366 kJ/kmol)	(índice de cetano 55, limite de flamabilidade 0.3-10 % combustível/ar, temperatura de ignição 177°C, $\bar{h}_f^0$ -505836.2 kJ/kmol)
O <sub>2</sub> 13.2%	
CO 45 ppm	CO 30 ppm
HC 400 ppm	HC 300 ppm
SO <sub>2</sub> 500 ppm	SO <sub>2</sub> 500 ppm

- Estime a temperatura adiabática de chama de cada combustível. (2 val)
- Estime o poder calorífico inferior (PCI) de cada combustível. (2 val)
- Determine a relação ar/combustível real para cada combustível, sabendo que o excesso de ar usado é o mesmo. (2 val)
- Calcule a emissão de CO, SO<sub>2</sub> e de hidrocarbonetos não queimados em g por MJ de energia útil da combustão sabendo que a temperatura dos gases de escape é 427 °C e as perdas para o líquido de refrigeração através das paredes da câmara de combustão representa 3% do PCI. (1 val)
- Sabendo que a legislação ambiental aplicável a este motor Diesel estabelece valores limite de CO de 100 mg/Nm<sup>3</sup> seco, para a situação de referências de 8% de O<sub>2</sub> nos produtos de combustão, verifique se o motor cumpre a lei com qualquer dos combustíveis. (2 val)
- Elabore um raciocínio que permita dizer qualitativamente como terá menores emissões de NOx usando biodiesel, atrasando ou adiantando o momento de injeção relativamente ao ponto morto superior?. (1 val)

**Nota:** nas fórmulas abaixo x é o nº de átomos de carbono e y os de hidrogénio, xi é a fracção molar e n o nº de moles

$$n_{xO_2} = 4.76 * \left[ \frac{x + (1-x) \frac{y}{4}}{1 - 4.76x} \right] - \frac{y}{4} \quad x_{iO_2 \text{ nivel } 2} = x_{iO_2 \text{ nivel } 1} * \frac{n_{O_2 \text{ nivel } 1}}{n_{O_2 \text{ nivel } 2}}$$



Propriedades do SO<sub>2</sub>,  
entalpia de formação -296842 KJ/Kmol

Temperature (K)	C <sub>p</sub> (J/mol*K)	S° (J/mol*K)	-(G° - H° <sub>298.15</sub> )/T (J/mol*K)	H° - H° <sub>298.15</sub> (kJ/mol)
298.	39.87	248.2	248.2	-0.01
300.	39.94	248.5	248.2	0.07
400.	43.52	260.4	249.8	4.25
500.	46.56	270.5	253.0	8.76
600.	49.02	279.2	256.6	13.54
700.	50.96	286.9	260.4	18.55
800.	52.46	293.8	264.2	23.72
900.	53.60	300.1	267.8	29.03
1000.	54.47	305.8	271.3	34.43
1100.	55.18	311.0	274.7	39.91
1200.	55.81	315.8	277.9	45.46

Temperature (K)	C <sub>p</sub> (J/mol*K)	S° (J/mol*K)	-(G° - H° <sub>298.15</sub> )/T (J/mol*K)	H° - H° <sub>298.15</sub> (kJ/mol)
1200.	55.78	315.8	277.9	45.46
1300.	56.28	320.3	281.0	51.07
1400.	56.70	324.5	284.0	56.72
1500.	57.04	328.4	286.8	62.40
1600.	57.34	332.1	289.5	68.12
1700.	57.60	335.6	292.1	73.87
1800.	57.83	338.9	294.6	79.64
1900.	58.04	342.0	297.1	85.44
2000.	58.23	345.0	299.4	91.25
2100.	58.40	347.9	301.6	97.08
2200.	58.55	350.6	303.8	102.9
2300.	58.70	353.2	305.9	108.8
2400.	58.83	355.7	307.9	114.7
2500.	58.96	358.1	309.9	120.6
2600.	59.08	360.4	311.8	126.5
2700.	59.20	362.6	313.6	132.4
2800.	59.31	364.8	315.4	138.3
2900.	59.41	366.9	317.1	144.2
3000.	59.51	368.9	318.8	150.2
3100.	59.61	370.8	320.5	156.1

Outras tabelas do livro de combustão (a trazer pelo aluno)