

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Reacções envolvidas na transesterificação de triglicerídeos ((T) – Triglicéridos; (D) – Diglicéridos; (M) – Monoglicéridos; (A) – Álcool; (G) – Glicerol; (E) – Ésteres de Ácidos Gordos).	9
Figura 1.2 – Reacção de esterificação de ácidos gordos.	10
Figura 1.3 - Representação da classificação dos catalisadores de acordo com o estado de agregação.	12
Figura 1.4 – Mecanismo enzimático de Michaelis-Menten.	13
Figura 1.5 - Representação esquemática da transesterificação de óleos com álcool, utilizando uma resina sulfónica como catalisador.	17
Figura 1.6 - Estrutura da quitina.	19
Figura 1.7 - Estrutura da celulose.	19
Figura 1.8 - Orientação das cadeias poliméricas nas diferentes formas de quitina.	20
Figura 1.9 - Estrutura do quitosano.	21
Figura 1.10 – Equilíbrio ácido-base dos grupos amino do quitosano.	22
Figura 1.11 - Acilação intensiva do quitosano com cloreto de acilo.	29

- Figura 1.12** – *N*-ftaloilação do quitosano. **30**
- Figura 1.13** - Reacção do quitosano com epóxidos (A - $\text{pH} \leq 7$, B - $\text{pH} > 10$, R = -H, $-(\text{CH}_2)_n\text{CH}_3$ ($n = 0$ ou 1)). **31**
- Figura 1.14** - Reacção do quitosano com aldeídos e com anidridos, para formação de bases de Schiff e amidas, respectivamente (R = grupo arilo ou alquilo). **32**
- Figura 1.15** - Formação de ligações cruzadas entre cadeias de quitosano. **33**
- Figura 1.16** - Esquema da síntese do *N*-carboximetilquitosano e do *N,N'*-di-carboximetilquitosano. **34**
- Figura 1.17** - Esquema da síntese do *N*-carboxibutilquitosano. **35**
- Figura 2.1** – Produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados, usando como catalisador uma resina básica. Efeito da velocidade de agitação na actividade catalítica da resina. Condições reaccionais: razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281; T = 60°C, carga de catalisador = 1.0 g. **44**
- Figura 2.2** – Produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados, usando como catalisador uma resina básica. Concentração de FAME ($\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$) versus tempo (h). Condições reaccionais: razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281; T = 60°C, carga de catalisador = 1.0 g. As linhas contínuas representam o modelo ajustado aos dados experimentais. **45**

Figura 2.3 - Produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados, usando como catalisador uma resina básica. Efeito da quantidade de catalisador. Conversão (%) *versus* tempo (h): (□) sem catalisador; (○) $m = 0.25\text{g}$; (▲) $m = 1.0\text{g}$. Condições reaccionais: razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281; $T = 60^\circ\text{C}$. 47

Figura 2.4 - Produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados, usando como catalisador uma resina básica. Efeito do tamanho da cadeia carbonada do álcool e temperatura. Conversão (%) *versus* tempo (h): (▲) Metanol ($T = 60^\circ\text{C}$); (○) Etanol ($T = 60^\circ\text{C}$); (x) 1-propanol ($T = 60^\circ\text{C}$); (□) 1-butanol ($T = 60^\circ\text{C}$); (-) Etanol ($T = 80^\circ\text{C}$). Condições reaccionais: razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281; massa de catalisador = 1.0 g. 48

Figura 2.5 - Produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados, usando como catalisador uma resina básica. Efeito da razão molar entre quantidade de óleo alimentar usado e álcool. Conversão (%) *versus* tempo (h): (▲) 1:281; (○) 1:140; (□) 1:70. Condições reaccionais: $T = 60^\circ\text{C}$; carga de catalisador = 1.0 g. 50

Figura 2.6 - Produção de biodiesel a partir de óleos alimentares usados, usando como catalisador uma resina básica. Efeito da quantidade inicial de ácido palmítico (%). Conversão (%) *versus* tempo (h): (▲) 0%; (□) 5%; (○) 12%. Condições reaccionais: $T = 60^\circ\text{C}$; massa de catalisador = 1.0 g; razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281. 51

Figura 2.7 - Estudo da estabilidade da resina na transesterificação de óleos alimentares usados com metanol. Conversão (%) *versus* tempo (h). (▲) Primeira utilização; (□) Segunda utilização; (○) Terceira utilização; Condições reaccionais: $T = 60^\circ\text{C}$; carga do catalisador = 1.0 g; razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281. 52

Figura 3.1 - Esquema reaccional da preparação dos derivados do quitosano com grupos ácido sulfónico ($R = -\text{H}$ ou $-\text{COCH}_3$). 63

Figura 3.2 – Espectro de FTIR do quitosano (A) e do quitosano com grupos ácido sulfónico CT3 (B).	64
Figura 3.3 – Curvas de termogravimetria do quitosano (A) e do quitosano com grupos ácido sulfónico CT3 (B).	65
Figura 3.4 – Imagens microscopia electrónica de varrimento (SEM) da superfície do quitosano (A) e do quitosano com grupos ácido sulfónico CT3 (B).	66
Figura 3.5 - Esterificação de ácido palmítico com metanol na presença de quitosano com grupos ácido sulfónico. Conversão (%) <i>versus</i> tempo (h). (+) CT; (■) CT1; (×) CT2; (○) CT3; (▲) CT4; (□) CT5.	69
Figura 3.6 – Actividade catalítica inicial, na esterificação de ácido palmítico em metanol na presença de quitosano com grupos ácido sulfónico, a 60°C.	70
Figura 3.7 – Estudo da estabilidade do catalisador CT3, na esterificação de ácido palmítico em metanol, após quatro ensaios consecutivos.	71
Figura 3.8 - Esterificação de ácido palmítico com metanol na presença de quitosano com grupos ácido sulfónico (amostra CT3). Conversão (%) <i>versus</i> tempo (h). (○) Ensaio “normal”; (□) ensaio “filtração a quente”.	72
Figura 3.9 - Actividade catalítica inicial, na esterificação de ácidos gordos livres em metanol na presença do catalisador CT3, a 60°C.	73

Figura 3.10 – Produção de biodiesel a partir de óleo alimentar usado, usando como catalisador a amostra CT3. Concentração de FAME ($\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$) *versus* tempo (h). Condições reaccionais: razão molar óleo alimentar usado / álcool = 1:281; $T = 60^\circ\text{C}$, carga de catalisador = 0.2 g. As linhas contínuas representam o modelo ajustado aos dados experimentais.

74

