



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) (21) **PI 0500863-8 A**



(22) Data de Depósito: 23/03/2005
(43) Data de Publicação: 21/11/2006
(RPI 1872)

(51) Int. Cl.⁷:
B01J 31/18
C07C 29/48
C07C 45/28

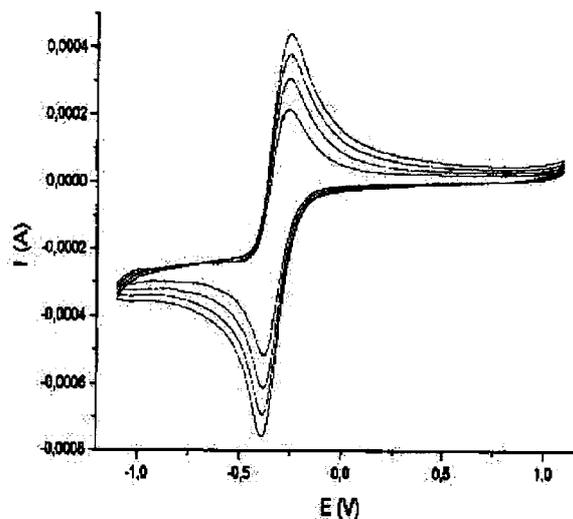
(54) Título: CATALIZADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CICLOALCANÓIS E/OU CICLOALCANONAS

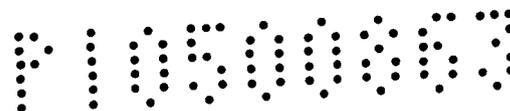
(71) Depositante(s): Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ (BR/RJ)

(72) Inventor(es): Gisele Cantalice Salomão, Octavio Augusto Ceva Antunes, Christiane Fernandes, Mara Heloísa Neves Olsen, Nakédia Maysa Freitas Carvalho, Lúcio Cardozo Filho

(74) Procurador: Bernardo Atem Francischetti

(57) Resumo: "CATALISADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CICLOALCANÓIS E/OU CICLOALCANONAS". A presente invenção tem como objeto principal um catalisador que possui analogia funcional ao citocromo P-450. Mais especificamente, o catalisador é composto por um complexo de ferro e/ou manganês, sendo que o dito complexo apresenta ligantes não-porfirínicos.





Relatório Descritivo

CATALISADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CICLOALCANÓIS E/OU CICLOALCANONAS.

5

Campo da Invenção

A presente invenção está relacionada a um catalisador e a processos de produção de cicloalcanóis e/ou cicloalcanonas, em especial cicloexanol e/ou cicloexanona a partir de uma reação que utiliza o referido catalisador.

10

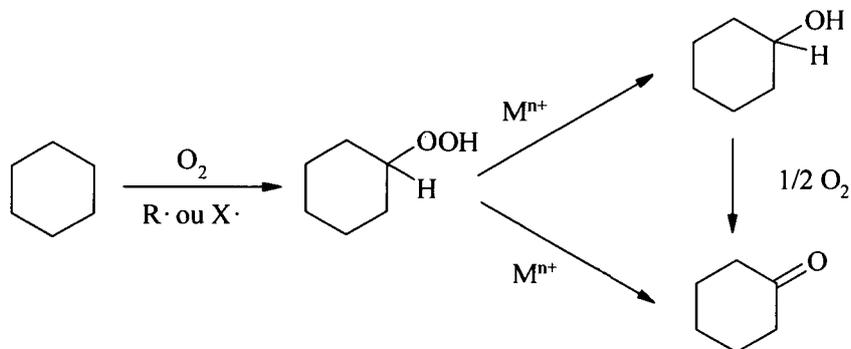
Antecedentes da Invenção

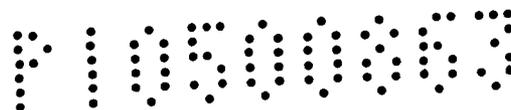
O derivado de petróleo cicloexano é uma significativa matriz comercial para a manufatura do ácido adípico, matéria-prima para o Nylon-6 e para o Nylon-66 (Fox, B. G.; Surerus, K. K.; Münck, E.; Lipscomb, J. D., *J. Biol. Chem.*, **263**, 10553-10556 (1988); Wallar, B. J.; Lipscomb, J. D., *Chem. Rev.*, **96**, 2625-2657 (1996); Bois, J. D.; Mizoguchi, T. J.; Lippard, S. J., *Coord. Chem. Rev.*, **200-202**, 443-485 (2000); Feig, A. L.; Lippard, S. J., *Chem. Rev.*, **94**, 759-805 (1994); Schuchardt, U.; Carvalho, W. A.; Spinacé, E. V., *Synlett*, **10**, 713-718 (1993)). Há basicamente dois processos de obtenção do ácido adípico a partir do cicloexano: um constituído de duas etapas e outro de apenas uma etapa. A conversão direta de cicloexano em ácido adípico não é uma alternativa economicamente viável, visto que o rendimento do processo é insatisfatório (Groggins, P. H., *Unit Processes in Organic Synthesis*, 5^o edição, 1958, McGraw-Hill Book Company, Inc). Portanto, o processo em duas etapas é mais importante comercialmente. Neste processo o cicloexano é, numa primeira etapa, oxidado a cicloexanol e cicloexanona, e estes produtos são então subseqüentemente oxidados a ácido adípico. Apesar deste processo ser um dos maiores existentes, a baixa conversão de cicloexano, cerca de 4%, torna a pesquisa do desenho de novos processos oxidantes de extrema importância econômica. A alta tonelagem produzida anualmente de cicloexanol e

cicloexanona (cerca de 100.000 toneladas em todo o mundo) mostra a importância comercial destes produtos.

A primeira etapa do processo é feita em fase líquida com ar como oxidante sob pressão de 3,5 – 5 atm. A reação pode ser feita em presença do catalisador naftenato de cobalto, onde a temperatura deve ficar entre 120 e 130°C, ou na ausência do mesmo com a temperatura na faixa de 145 a 150°C. Uma importante característica do processo é a relativamente baixa conversão por etapa, de cerca de 15% da carga de cicloexano. Os intermediários cicloexanol e cicloexanona são obtidos como resíduo após a destilação do cicloexano não convertido. Esta etapa do processo apresenta de 60-75% de seletividade em cicloexanol e cicloexanona em relação aos outros produtos formados. Estes intermediários são submetidos, sem nenhuma purificação prévia, à segunda etapa do processo onde ocorre a conversão em ácido adípico com rendimento de 80-85%, o que mostra que outros produtos obtidos da oxidação do cicloexano foram capazes de se oxidar e formar o ácido adípico (Groggins, P. H., *Unit Processes in Organic Synthesis*, 5^o edição, 1958, McGraw-Hill Book Company, Inc).

De acordo com a literatura, sintetizada no esquema abaixo, o cicloexano é primeiro oxidado a cicloexilidroperóxido numa reação radicalar e este é então decomposto na presença do complexo do metal de transição dando cicloexanol e cicloexanona.

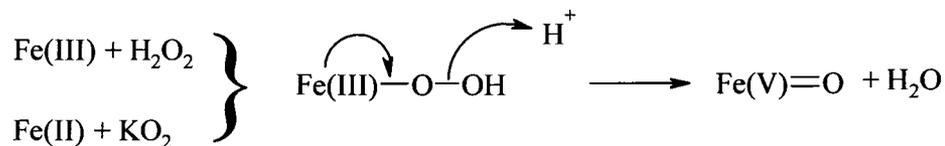




Sistemas baseados em ferro como catalisador têm sido propostos para a oxidação seletiva de cicloexano, dentre eles um dos mais estudados é o sistema Gif desenvolvido por Barton e colaboradores em 1983 (Barton, D. H. R.; Doller, D., *Acc. Chem. Res.*, **25**, 504-512 (1992). Barton, D. H. R.; Csuha, E.; Doller, D.; Ozbalik, N.; Balavoine, G., *Proc. Natl. Acad. Sci.*, **87**, 3401-3404 (1990). Barton, D. H. R.; Beck, A. H.; Taylor, D., *Tetrahedron*, **51**, 5245-5254 (1995)). A família Gif consiste em diferentes sistemas que utilizam ferro como catalisador, peróxido de hidrogênio ou dióxigênio como agente oxidante, em solução de piridina-ácido acético. Neste sistema um complexo binuclear com os ligantes piridina e o ácido acético em ponte, é formado *in situ*.

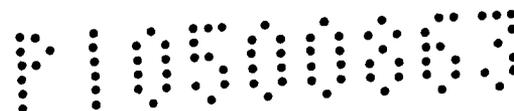
Os catalisadores de Gif funcionalizam hidrocarbonetos dando preferencialmente cetonas, com a produção de álcoois em menor quantidade. Acredita-se que a espécie ativa seja a forma $\text{Fe}^{(V)}=\text{O}$ que é formada no meio reacional conforme mostra o esquema abaixo:

15



Uma outra classe de catalisadores empregados na oxidação de hidrocarbonetos são os que mimetizam sistemas biológicos como o citocromo P-450 e a Metano Monooxigenase (MMO), por exemplo. Estes sistemas contêm o ferro no seu sítio ativo, e este metal é capaz de ativar o dióxigênio formando espécies ativas capazes de oxigenar os mais diversos hidrocarbonetos.

As enzimas da família do citocromo P-450 ocorrem em microorganismos, plantas, insetos, peixes e mamíferos. Em mamíferos, o fígado é o tecido mais enriquecido, mas também podem ser encontradas no intestino, rins, adrenais, cérebro, pulmões, placenta, pâncreas, esôfago, estômago, etc. Citocromo P-450 é capaz de hidroxilar seletivamente hidrocarbonetos saturados, estando envolvida no metabolismo de drogas, bem



como na biossíntese de esteróis ou lipídios e na degradação de xenobióticos [Schliting, I. et al. *Science*, 287, 1615-1622 (2000)].

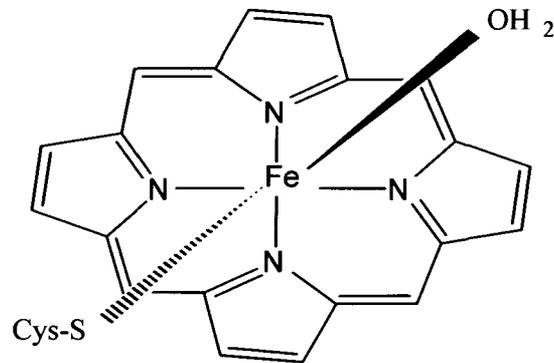
5 A citocromo P-450 tem atraído particular atenção, devido sua extrema habilidade de oxidação, sendo mediadoras da hidroxilação de alifáticos e aromáticos [Manchester, J. I.; Dinnocenzo, J. P.; Higgins, J.; Jones, J. P., *J. Am. Chem. Soc.*, 119, 5069-5070 (1997)].

10 Estas enzimas conduzem reações de oxidação via monooxigenase dependentes do grupamento heme. O grupamento heme presente na citocromo P-450 também é encontrado na hemoglobina, na catalase, na peroxidase, na clorofila e em citocromos a, b e c. O grupamento heme é formado de uma estrutura anelar complexa denominada de protoporfirina, tendo um átomo de ferro no seu centro. A protoporfirina, por sua vez, é constituída de um tetrapirrol cíclico, formado a partir da glicina. No centro desta estrutura anelar está um átomo de ferro, que apresenta seis ligações

15 coordenadas. Das seis ligações, quatro estão no plano equatorial, ligadas a porfirina. As outras duas estão axiais ao plano da porfirina, através dos átomos de nitrogênio de seus anéis pirrólicos. O átomo de ferro, localizado no centro da estrutura anelar, pode estar no estado férrico (Fe^{3+}), ou no estado ferroso (Fe^{2+}).

20 Uma quinta ligação é feita com o grupo tiolato (S-) da cisteína da cadeia polipeptídica, prendendo assim o grupo heme na apoproteína. Uma vez que o enxofre da cisteína é bastante eletrofílico, o ferro se mantém normalmente no seu estado férrico (Fe^{3+}). Uma sexta ligação é formada com uma molécula de água, como demonstrado na estrutura abaixo. [Lee, K. Ah; Nam, W., *J. Am. Chem. Soc.*, 119, 282-289 (1997)].

25

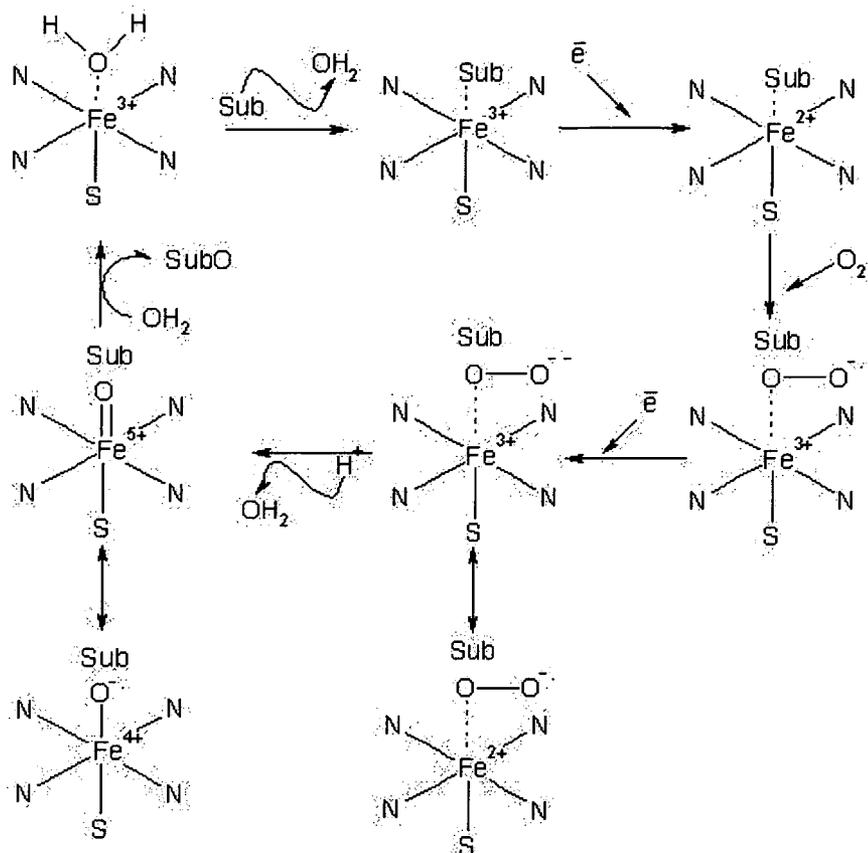


5 A citocromo P-450 é uma Fe^(III)-porfirina, que via oxidação por dioxigênio, forma uma espécie oxo (Fe^V=O) capaz de transferir oxigênio ao substrato.

Este processo de transferência de oxigênio (e elétrons) envolve diversas etapas, conforme representado no esquema abaixo. A ligação do substrato orgânico com a enzima ocorre por substituição da molécula de água em um sítio hidrofóbico. Em seguida, ocorre a redução por um elétron gerando um complexo Fe^{III} que permite a ligação do O₂ formando um complexo citocromo P-450-dioxigênio (Fe^{III}/O₂⁻). Após uma segunda redução por um elétron, a ligação O - O é enfraquecida e rompe levando um átomo à formação de água. O resultado é um complexo reativo que pode ser formulado com os estados de oxidação Fe^V=O ou Fe^{IV}-O-. Esta espécie, fortemente eletrolítica, transfere o oxigênio para o substrato (nucleofílico) levando ao produto (SubO) regenerando a espécie Fe³⁺.

10

15



Anteriormente ao desenvolvimento do ciclo catalítico da citocromo P-450 descrito acima [Faber, K. *Biotransformation in Organic Chemistry*, 2^a edição, Berlin Heidelberg: Spring-Verlag, 101-218 (1995)], outros ciclos foram propostos e a partir destas propostas mecanísticas, foram desenvolvidas pesquisas sobre formas de utilização da Fe^{III}-porfirina não ancorada em proteína, especificamente na utilização da mesma como catalisador seletivo. No entanto, a utilização de enzimas como catalisadores apresenta algumas dificuldades, como purificação do catalisador e a separação dos produtos.

Groves e Nemo (1983) [Groves, J. T.; Nemo, T. E., *J. Am. Chem. Soc.*, 105, 5791-5796 (1996)] constataram que os complexos Fe^{III}-porfirina poderiam ser convertidos a espécies oxo-correspondentes, pelo tratamento com oxidantes.



Muitos complexos metal-porfirina têm sido sintetizados na tentativa de reproduzir as funções do citocromo P-450 [Groves, J. T.; Myers, R. S., *J. Am. Chem. Soc.*, 105, 5791-5796 (1983), Dalton et al, *Topic in Catal.*, 5, 75-91 (1998), Cunningham et al, *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 185, 25-31 (2002),
5 Maraval, V., Ancel, J. E.; Meunier, B., *J. Catal.*, 206, 349-357 (2002)] e observou-se que o modo de operação dos complexos metálicos usados como catalisadores é extraordinariamente semelhante ao das enzimas.

Uma outra classe de compostos que vem sendo utilizados na tentativa de obter um composto análogo ao citocromo P-450 são os complexos com
10 bases de Schiff como ligantes, tais como os derivados do N,N'(salicilaldeído)etilenodiamina, conhecidos como Salen. Segundo Katsuki [Katsuki, T., *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 113, 87-107 (1996)]: os complexos de Salen, ao contrário de porfirinas, permitem a presença de centros quirais, nas posições mais próximas ao metal.

15 Tanto os complexos de metal-porfirina quanto os complexos de metal-salen têm sido sintetizados na tentativa de reproduzir as funções do citocromo P-450 [Samsel, E. G., Srinivasam, K.; Kochi, J. K., *J. Am. Chem. Soc.*, 107, 7606-7617 (1985), Koola, J. D., Kochi, J. K., *Inorg. Chem.*, 26, 908-916 (1987), Gomes, M. F. T.; Antunes, O. A. C., *Catal. Lett.*, 42, 213-215 (1996), Méou, A.,
20 Garcia, M. A.; Brun, P., *J. Mol. Catal. A: Chemical*, 138, 221-226 (1999)].

A literatura patentária também possui informação sobre o assunto. A patente européia EP 1 165 481 intitulada "Hydrocarbon, alcohol and/or ketone oxidation method" descreve um processo para a oxidação das referidas substâncias na presença de catalisadores que podem ser compostos de
25 manganês ou cromo solúveis. No entanto, o objetivo da oxidação é transformar as referidas substâncias em ácidos carboxílicos.

A patente EP 0 659 726 intitulada "Process for preparing alkanones and alkanols" descreve um processo para a produção de alcanonas e alcanóis na presença de um catalisador metálico imobilizado em um veículo inorgânico. No
30 entanto o catalisador necessita ser suportado em um veículo inorgânico,



diminuindo a área de contato do catalisador e conseqüentemente reduzindo o índice de rendimento e eficiência da reação.

5 A patente EP 0 367 326 intitulada "Process for preparing a cycloalkanone and/or cycloalkanol" descreve um processo de produção de cicloalcanóis e cicloalcanonas por oxidação de um cicloalcano utilizando um catalizador organometálico suportado em um material carreador. No entanto, os ligantes do complexo organometálico são porfirínicos. Adicionalmente, é necessário suportar o catalisador em um suporte, o que diminui a área de contato do catalisador, reduzindo assim o rendimento e eficiência da reação.

10 Embora exista toda essa produção intelectual, nunca antes fora descrito os catalisadores da presente invenção, que são complexos de ferro e/ou manganês com o ligante N,N'(salicilaldeído)etilenodiamina, que proporcionam excelentes opções para a produção de cicloalcanóis e/ou cicloalcanonas.

15 Sumário da Invenção

É um objeto da presente invenção apresentar um catalisador que possui analogia funcional com o sítio ativo do citocromo P-450. Mais especificamente, o catalisador é composto por complexos de ferro e/ou manganês, sendo que o dito complexo apresenta ligantes não-porfirínicos, em especial o ligante é o

20 ligante de Salen.

É um adicional objeto da presente invenção um processo de produção de cicloalcanóis e/ou cicloalcanonas. Mais especificamente, o processo de produção de cicloalcanóis e/ou cicloalcanonas é catalisado por um catalisador que possui analogia funcional com o sítio ativo do citocromo P-450.

25

Descrição das Figuras

A Figura 1 mostra um cromatograma típico para a reação estudada.

A Figuras 2 mostra um espectro de infravermelho do complexo [Fe(Salen)Cl].H₂O.

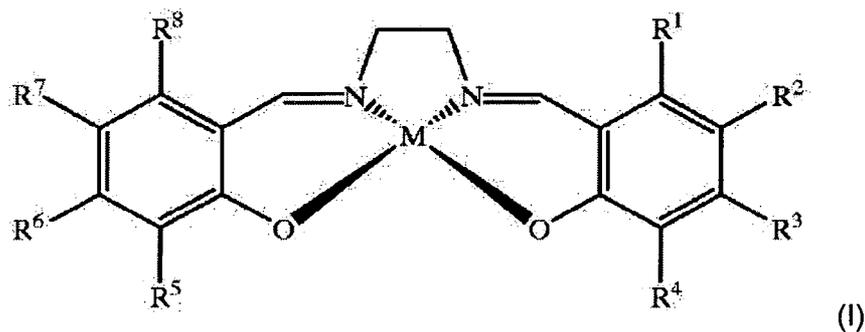
30 A figura 3 mostra um espectro de Mössbauer do complexo [Fe(Salen)Cl].H₂O.

A figura 4 mostra um Voltamograma Cíclico do complexo [Fe(Salen)Cl].H₂O sob as seguintes condições;

- Eletrodo de referência: Ag/AgCl.
- Eletrodo de trabalho e auxiliar: placa de platina (1 cm²)
- 5 • Eletrólito suporte: Perclorato de tetrabutilamônio
- Solvente: Acetonitrila

Descrição Detalhada da Invenção

A presente invenção tem como objeto principal um catalisador que
10 possui analogia funcional ao citocromo P-450. Mais especificamente, o catalisador é composto por um complexo de ferro ou manganês, sendo que o dito complexo apresenta ligantes não-porfirínicos, e possui estrutura correspondente a fórmula I abaixo:



15 Onde M é um metal, preferencialmente ferro ou manganês e R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇, R₈ são escolhidos independentemente do grupo que compreende H e radicais alquil, alquenil e/ou alquinil, opcionalmente substituídos que forneçam ao composto a atividade catalítica em processos de produção de cicloalcanóis e/ou cicloalcanonas.

20 A utilização de complexos de ferro^(III) e manganês^(III) no presente processo, para a oxidação de cicloexanol, pressupõe a analogia funcional deste complexo ao citocromo P-450.



O exemplo a seguir descreve um meio de executar a reação de oxidação do cicloexano em cicloexanol e cicloexanona. Portanto, tal exemplo deve ser considerado apenas como ilustrativo, não limitando o escopo da invenção.

5 **Exemplo 1**

Foram utilizados, neste exemplo complexos mononucleares de ferro(III) e/ou de manganês(III) coordenados com o ligante N,N'(salicilaldeído)etilenodiamina (Salen) e o íon cloreto. As especificações da reação são descritas pela Tabela 1 abaixo;

10

Tabela 1

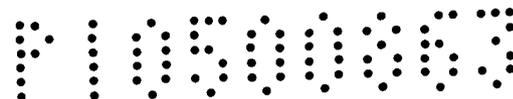
Catalisadores	[Fe ^{III} (Salen)Cl].H ₂ O [Mn ^{III} (Salen)Cl].2H ₂ O
Concentração do Catalisador	7x10 ⁻⁴ mol.l ⁻¹
Solvente	Acetonitrila Álcool ter-butílico
Volume de Solvente	17,0 ml
Oxidante	H ₂ O ₂ (30 % em água) t-BuOOH (70 % em água)
Volume do Oxidante	H ₂ O ₂ : 1,24 ml t-BuOOH : 2,21 ml
Volume de Cicloexano	1,7 ml
Tempo de Reação	2 h 24 h
Temperatura	Ambiente
Pressão de Argônio	1 atm

O presente exemplo mostra a influência do tempo e o uso do solvente e do oxidante mais adequados para a reação. A Tabela 2 abaixo descreve as condições em que as reações foram realizadas, seguida da Tabela 3 que apresenta os resultados das reações da Tabela 2.

15

Tabela 2

Exp	Catalisador	Oxidante	Tempo	Solvente
1	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	H ₂ O ₂	24	t-BuOH
2	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	t-BuOOH	24	t-BuOH



3	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	H ₂ O ₂	2	t-BuOH
4	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	t-BuOOH	2	t-BuOH
5	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	H ₂ O ₂	24	CH ₃ CN
6	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	t-BuOOH	24	CH ₃ CN
7	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	H ₂ O ₂	2	CH ₃ CN
8	[Fe(Salen)Cl].H ₂ O	t-BuOOH	2	CH ₃ CN
9	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	H ₂ O ₂	24	CH ₃ CN
10	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	t-BuOOH	24	CH ₃ CN
11	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	H ₂ O ₂	2	CH ₃ CN
12	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	t-BuOOH	2	CH ₃ CN
13	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	H ₂ O ₂	24	CH ₃ CN
14	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	t-BuOOH	24	CH ₃ CN
15	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	H ₂ O ₂	2	CH ₃ CN
16	[Mn(Salen)Cl].2H ₂ O	t-BuOOH	2	CH ₃ CN

Tabela 3

Exp.	Rendimento (%)	Rend. Cicloexanol (%)	Rend. Cicloexanona (%)	Cicloexanol/ Cicloexanona	Turnover	Turnover/h
1	1,64	1,19	0,45	2,64	18,00	0,75
2	1,71	0,84	0,87	0,97	18,72	0,78
3	1,01	0,53	0,48	1,01	11,12	5,56
4	1,74	0,77	0,97	0,79	19,14	9,57
5	5,62	2,95	2,67	1,10	61,68	2,57
6	10,15	4,17	5,98	0,70	111,58	55,79
7	3,50	1,92	1,58	1,22	38,70	19,35
8	10,13	5,30	4,80	1,14	111,36	4,62
9	0,98	0,51	0,47	1,09	10,80	0,45
10	1,49	0,42	1,07	0,39	16,32	0,68
11	2,51	1,53	0,98	1,56	27,64	13,82
12	1,05	0,50	0,55	0,91	11,60	5,80
13	1,44	0,75	0,69	1,09	15,84	0,66
14	6,75	2,38	4,37	0,54	74,16	3,09
15	1,42	0,75	0,67	1,12	15,64	7,82



16	4,30	1,48	2,82	0,53	23,66	11,83
----	------	------	------	------	-------	-------

Ao analisar as tabelas, podemos concluir que os melhores rendimentos foram obtidos com 24 h de reação. Foi possível concluir também que o oxidante e o solvente exercem um efeito importante no rendimento da reação, em especial a combinação do solvente acetonitrila com o oxidante t-BuOOH fornece os melhores rendimentos de reação. Foi possível observar, através dos altos valores de *turnover*, que o catalisador estudado regenera a espécie ativa para a oxidação no meio reacional, continuando a oxidação do substrato. Embora o rendimento aumente com o tempo de reação, a eficiência do catalisador, medida em *turnover/h*, cai a medida que a reação ocorre, mostrando que o catalisador perde a capacidade de regenerar a espécie ativa após diversos *turnovers*.

É importante ressaltar que no presente processo as condições de temperatura e pressão empregadas foram ambiente, o que facilita o processo, diminui o custo e o torna mais viável industrialmente. Em acetonitrila foi possível obter-se apenas uma fase reacional, o que elimina o problema de transferência de fase. Uma vez que o atual processo de oxidação de cicloexano a cicloexanol e/ou cicloexanona requer alta temperatura e pressão, esta é uma grande vantagem.

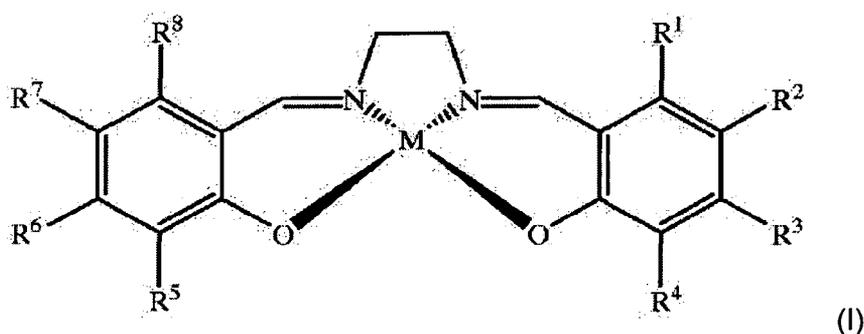
O processo de oxidação do cicloexano utilizando catalisadores homogêneos pode ser operado em batelada, em reator de fluxo contínuo com o catalisador suportado em uma matriz sólida, usualmente utiliza-se zeólita Y impregnada com o complexo.

A descrição acima da presente invenção foi apresentada com o propósito de ilustração e descrição. Adicionalmente, fica claro para os versados na técnica que variações e modificações estão dentro do escopo descrito no relatório e nas reivindicações anexas.

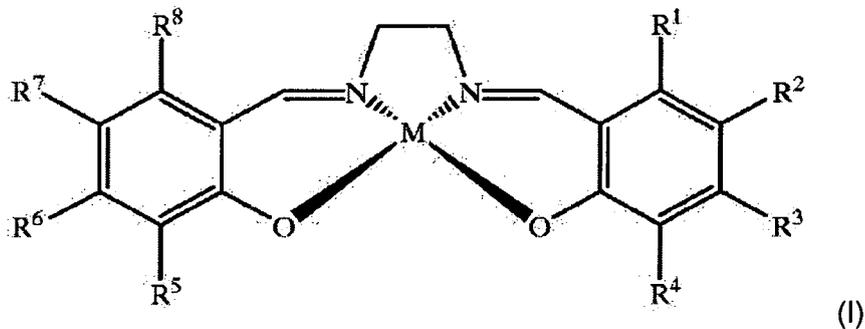
Reivindicações**CATALISADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CICLOALCANÓIS E/OU
CICLOALCANONAS.**

5

1. Catalisador com analogia funcional com sistemas biológicos da família do citocromo P-450, caracterizados pelo fato de compreender um composto de fórmula geral (I):



- 10 onde M é um metal, e R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇ e R₈ são escolhidos independentemente do grupo que compreende H e grupos alquil, alquenil e/ou alquinil, opcionalmente substituídos que forneçam ao composto a atividade catalítica.
- 15 2. Catalisador, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato do metal ser escolhido do grupo que compreende ferro, manganês e mistura dos mesmos.
3. Processo de produção de cicloalcanóis e/ou cicloalcanonas por oxidação de cicloalcanos caracterizado pelo fato de compreender:
 - a) um catalisador de fórmula geral (I):

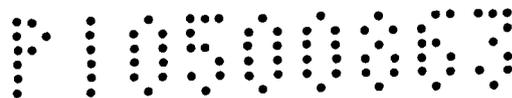


onde M é um metal, e R₁, R₂, R₃, R₄, R₅, R₆, R₇ e R₈ são escolhidos independentemente do grupo que compreende H e grupos alquil, alquenil e/ou alquinil, opcionalmente substituídos que forneçam ao composto a atividade catalítica;

5

b) um oxidante.

4. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela reação de oxidação ocorrer à temperatura ambiente.
5. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pela reação ocorrer à pressão ambiente.
- 10 6. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato do oxidante ser escolhido do grupo que compreende hidroperóxido de tert-butila, peróxido de hidrogênio e mistura dos mesmos.
7. Processo, de acordo com as reivindicações 3 a 6, caracterizado pelo fato da proporção dos reagentes estar no intervalo que varia de
15 0,01(catalisador):1100(cicloalcano):1100(oxidante) a
100(catalisador):1100(cicloalcano):1100(oxidante).
8. Processo, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato de conter adicionalmente um solvente.
- 20 9. Processo, de acordo com a reivindicação 8, caracterizado pelo fato do referido solvente ser escolhido do grupo que compreende acetonitrila, álcool tert-butilico e mistura dos mesmos.



10. Processo, de acordo com as reivindicações 3 a 9, caracterizado pelo tempo de reação de oxidação estar no intervalo que varia de 1 hora a 40 horas.
11. Processo, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo tempo de reação de oxidação ser de preferencialmente, 24 horas.
- 5 12. Catalisador, de acordo com a reivindicação 3, caracterizado pelo fato do metal ser escolhido do grupo que compreende ferro, manganês e mistura dos mesmos.

Figuras

Figura 1

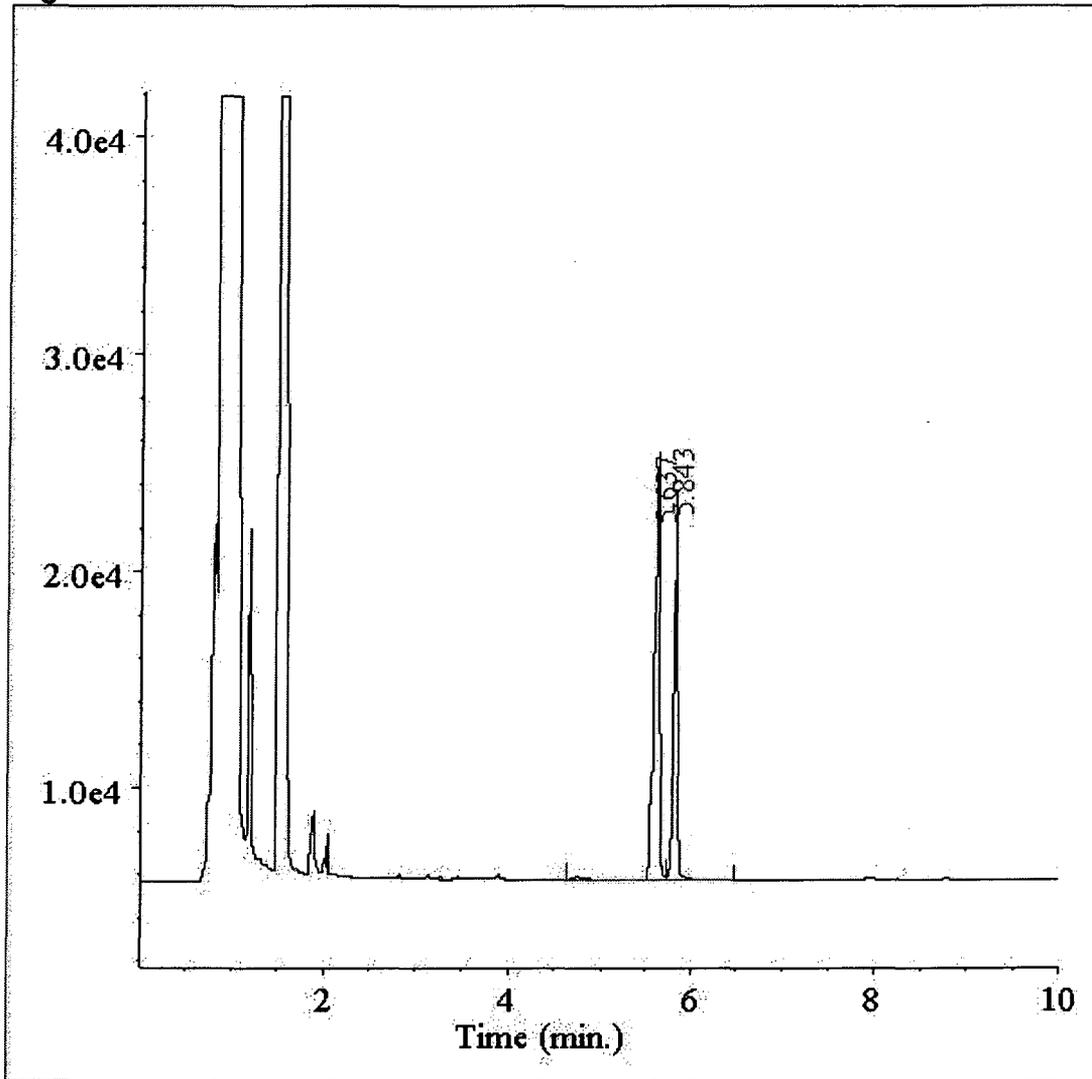


Figura 2

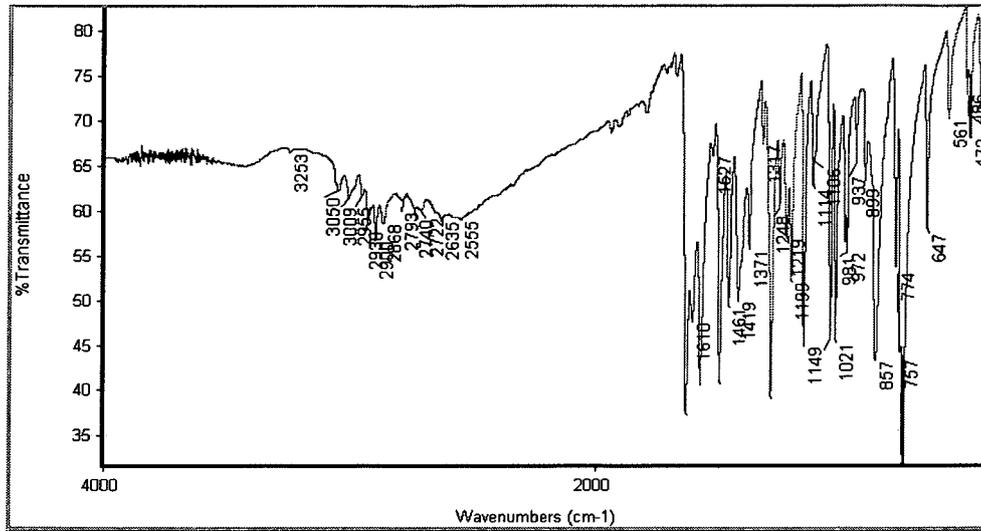


Figura 3

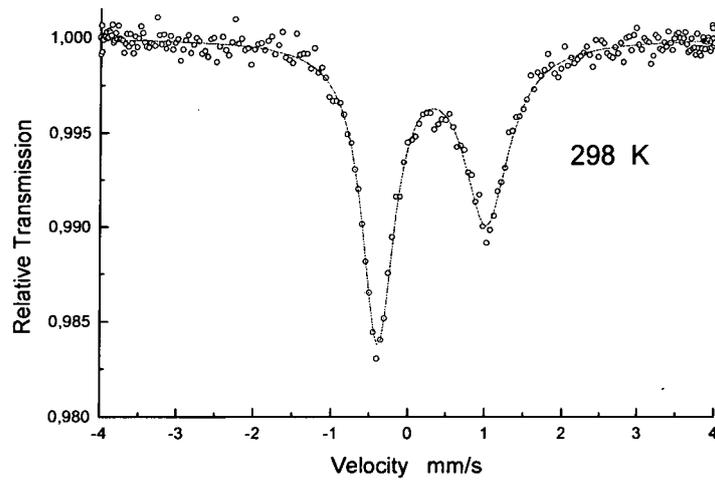
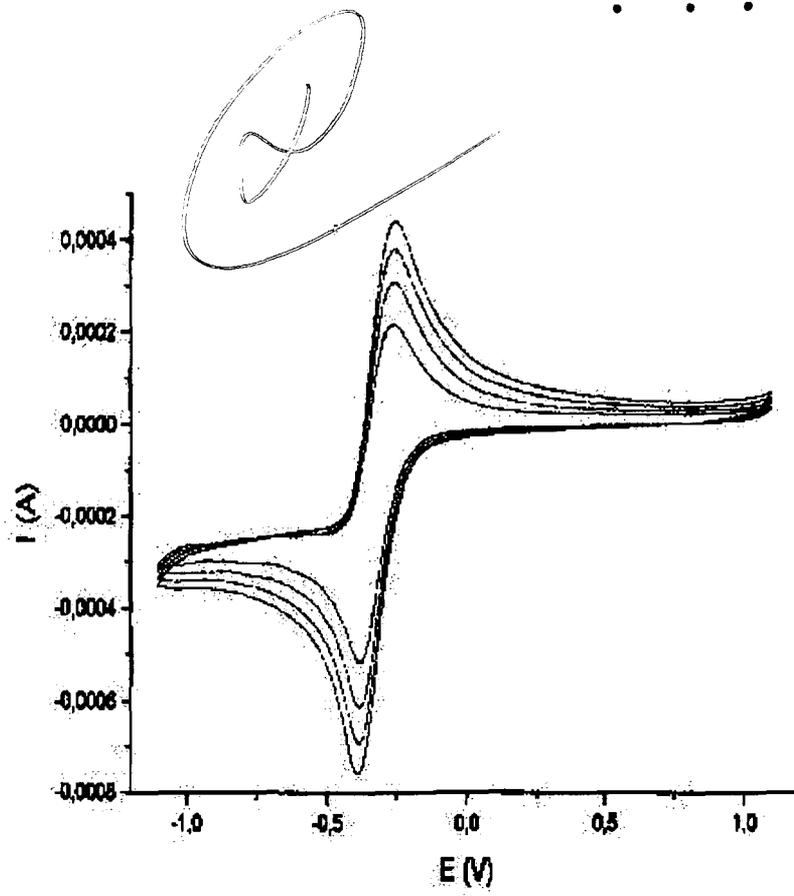
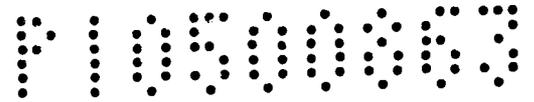


Figura 4





Resumo

CATALISADOR E PROCESSO DE PRODUÇÃO DE CICLOALCANÓIS E/OU CICLOALCANONAS.

5

A presente invenção tem como objeto principal um catalisador que possui analogia funcional ao citocromo P-450. Mais especificamente, o catalisador é composto por um complexo de ferro e/ou manganês, sendo que o dito complexo apresenta ligantes não-porfirínicos.