

## **A QUÍMICA DO CHOCOLATE – UMA ACTIVIDADE LABORATORIAL PROPOSTA**

Eduada Faria, Maria Manuela Silva  
Escola de Ciências, Departamento de Química  
Universidade do Minho, Portugal  
[eduarda\\_faria\\_14@hotmail.com](mailto:eduarda_faria_14@hotmail.com), [nini@quimica.uminho.pt](mailto:nini@quimica.uminho.pt)

### **Resumo**

As actividades laboratoriais são muito importantes para o ensino da química, desenvolvendo uma motivação crescente na comunidade de alunos. Pretende, também, abrir novas perspectivas aos alunos, dando-lhes a oportunidade de com base na investigação actual, poderem trabalhar em áreas com aplicação prática, no dia a dia, o que aliado aos recursos e meios disponíveis na UM, resultará de benefícios acrescidos para a sua formação.

Nas últimas décadas, as técnicas térmicas adquiriram importância crescente em todas as áreas de conhecimento da química básica e aplicada. Estes métodos são largamente usados no controlo de qualidade, em várias indústrias e laboratórios.

A análise térmica possibilita uma ampla faixa de aplicação para medidas de propriedades físicas, estudo de reações químicas, avaliação da estabilidade térmica, determinação da composição de materiais e desenvolvimento de metodologia analítica.

Tendo em conta estas considerações torna-se imprescindível a análise na indústria de alimentos, na indústria de cosméticos, na indústria farmacêutica, em materiais poliméricos, como tintas e vernizes, entre outros.

Neste texto pretende-se ilustrar uma experiência simples que poderá ser implementada quer em alunos universitários, quer em alunos que frequentem o 12º ano do ensino secundário.

### **Enquadramento e justificação do tema escolhido**

A área de Química Analítica, enquadra-se num dos domínios científicos que, qualitativa e quantitativamente, tem contribuído para a divulgação e dignificação da investigação do Departamento de Química da Universidade do Minho, quer através de participação em congressos, publicações em revistas prestigiadas, de patentes e prémios internacionais, quer através de parcerias entre diversos grupos de investigadores de outras universidades nacionais e estrangeiras.

O impacto da Química Analítica e a sua abrangência fica bem demonstrado pelas áreas de aplicação, tais como, a química propriamente dita, o controlo de qualidade químico, a bioquímica e a biotecnologia, a saúde, a química farmacêutica e ambiental, as ciências forenses e a ciência de materiais e de superfícies

Este tema, “A química do chocolate – uma actividade laboratorial proposta”, pretende, também, abrir novas perspectivas aos alunos, dando-lhes a oportunidade de com base na investigação actual, poderem trabalhar em áreas com aplicação prática, no dia a dia, o que aliado aos recursos e meios disponíveis na UM, resultará de benefícios acrescidos para a sua formação.

Uma das formas de articular ensino e investigação na universidade reside na integração dos alunos em projectos de investigação, desenvolvendo competências de construção e disseminação do conhecimento científico. Desses projectos resultam conhecimentos e práticas que podem ser posteriormente transferidos para cursos de 1º ciclo ou mesmo para a escola secundária. Ensino e investigação influenciam-se reciprocamente. É o que se pretende na unidade curricular *Projecto Integrado* de um curso de 1º ciclo em Física e Química, do Departamento de Química da Universidade do Minho, no âmbito da qual a aluna deste curso, desenvolve no corrente ano lectivo um projecto centrado numa actividade laboratorial onde é avaliada a química do chocolate, através de métodos termoanalíticos. O projecto envolve as seguintes tarefas: pesquisa bibliográfica, actividade laboratorial supervisionada e elaboração de uma monografia com apresentação oral no final do semestre.

### **História do chocolate...**

As origens do chocolate remontam a épocas anteriores às dos conquistadores do Novo Mundo. Em 4000 a.C. já havia grandes plantações de cacau nos territórios que são actualmente México e Guatemala. Diz-se que os primeiros a cultivar cacau foram os Maias, estes plantavam, colhiam, torravam as sementes e transformavam-nas numa pasta á qual adicionavam água, especiarias e outros ingredientes. O resultado era uma bebida amarga, de sabor forte e picante, no entanto muito apreciada. A esta bebida chamavam Xocolatl (do nautle 1 , xoco, “amargo”, e atl, “água”) e era reservada á elite e apenas para os homens já que acreditavam que lhes conferia um maior vigor. As sementes de cacau eram também uma importante moeda de troca de elevado valor capital, de tal modo que era o único modo com que o povo Maia (súbdito dos Aztecas desde 1200) pagava os seus impostos. O povo Português poderia ter sido pioneiro a divulgar o cacau á Europa, já que Cristóvão Colombo foi o primeiro europeu que entrou em contacto com as sementes do cacauero. Apesar de ter apresentado a versão azteca da bebida aos seus patronos, o Rei D. Fernando e a Rainha D. Isabel, esta não se adaptava ao gosto europeu e foi mesmo detestada pela corte que virou a sua atenção para a outra novidade que viera do outro lado do Atlântico – um índio americano. Passados cerca de 20 anos, em 1519, Hernán Cortés (navegador espanhol), chega onde é hoje o México e é recebido pelo povo azteca como uma divindade, estes acreditavam que Cortés era a encarnação de Quetzalcoatl, pois a sua chegada coincidiu com o ano ce-acalt do calendário azteca, o ano em que segundo a lenda o deus havia prometido voltar, e duplicando a sorte do conquistador os aztecas acreditava que o seu deus entraria “por onde o sol sai”, ou seja, por leste, exactamente por onde desembarcaram os espanhóis....

*“ Reza a lenda que o deus Quetzalcoatl (representado pelos mortais como «a serpente emplumada» desceu dos céus para transmitir sabedoria aos homens, e que lhes trouxe um presente: a planta de cacau. Os outros deuses não lhe perdoaram que desse a conhecer um alimento divino, e vingaram-se mandando-o expulsar das suas terras pelo deus Tezcatlipoca. Numa outra versão, Quetzalcoatl era uma deus bondoso que tinha de defrontar Tezcatlipoca, um deus cruel; este venceu-o e condenou-o ao desterro. Antes de se ir embora, Quetzalcoatl jurou regressar «por onde o sol sai» no ano ce-acalt do calendário azteca.” (Ortemberg, 2003)*

Regressando á Europa apresenta a bebida ao Rei Calos V e á corte espanhola que fascinada com as historias como a que o imperador Montezuma atirava as taças de ouro a um lago, inúteis após beber o xocolatl, pelos seus efeitos energéticos e pelo seu valor como moeda de troca, aceita o chocolate nas suas vidas. Foi também devido a estas características do chocolate que Cortés incentivou o cultivo da planta noutros países (Ortemberg, 2003).

O chocolate em tablete tal como hoje o conhecemos é ainda desconhecido, e durante cerca de um século a bebida é apenas conhecida pela aristocracia espanhola. Começa a ser divulgado noutros países pelos casamentos entre a nobreza.

O cacau, fruto tropical originário do Equador e uma zona que vai até cerca de 20° a Norte e a Sul. O cacacueiro é uma árvore frágil que apesar de crescer na zona do equador não gosta de sol directo pelo que cresce á sombra de outras árvores que lhe fornece sombra e que tenham raízes a uma profundidade superior que não interfiram com as suas. Necessita de solos férteis e de chuvas regulares.

Em estado selvagem os cacacueiros podem crescer até cerca de 15m mas em plantações estão limitados aos 6 metros para facilitar a colheita....

Quando maduros, os frutos ficam de cor vermelho forte ou amarelo e assim que são colhidos, individualmente pois a colheita mecânica poderia afectar a árvore que é extremamente sensível, são cortados ao meio para extrair as sementes que ficam a fermentar debaixo de folhas de bananeira....(Sairigné, 1986)

### **Avaliação do projecto de competências dos alunos**

A avaliação no processo ensino-aprendizagem tem implicações pedagógicas quer a nível de aspectos técnicos e metodológicos quer a nível de aspectos sociais, éticos e psicológicos. A avaliação da aprendizagem tem os seus princípios e características no campo da Psicologia, sendo as duas primeiras décadas do século XX marcadas pelo desenvolvimento de testes padronizados para medir as habilidades e aptidões dos alunos. A avaliação constitui assim, uma operação indispensável em qualquer sistema escolar....

A avaliação deste projecto inclui os critérios mencionados na tabela 1. As principais competências mobilizadas e avaliadas são as seguintes: procura, selecção, organização e mobilização de informação; experimentação, recolha e tratamento de dados; análise e representação gráfica de resultados; sistematização e comunicação do conhecimento. A apresentação e discussão do trabalho pesa 35% na classificação final, a produção da monografia e trabalho experimental pesa 65%.

**Tabela 1 – Critérios de avaliação do projecto**

<i>Trabalho experimental</i>	<i>Produção de monografia &amp; Apresentação</i>
Pesquisa bibliográfica (10%)	Conteúdo técnico (50%)
Organização e planeamento (15%)	Organização (15%)
Execução (50%)	Apresentação (25%)
Tratamento e discussão de resultados (25%)	Componente visual (10%)

#### **A actividade laboratorial ....**

Na elaboração de qualquer trabalho pretende-se saber o porquê das coisas acontecerem, como melhorar, neste caso pretendia-se saber o que acontece quando o chocolate é exposto a temperaturas que não são as mais correctas para manter o ideal estado de conservação. O que se fez foi simular as possíveis condições que um chocolate poderá enfrentar por exemplo no pico de calor do Verão.

Análise Térmica é um termo que abrange um grupo de técnicas nas quais uma propriedade física ou química de uma substância, ou de seus produtos de reacção, é monitorizada em função do tempo ou temperatura, enquanto a temperatura da amostra, sob uma atmosfera específica, é submetida a uma programação controlada. (Wendlandt, 1986)

Para um rigoroso controlo da qualidade, da qualidade do chocolate que está frequentemente sujeito a um tratamento térmico durante a sua preparação e consumo, torna-se de fundamental importância o conhecimento da estabilidade térmica do chocolate. ....

Nas últimas décadas, as técnicas termoanalíticas adquiriram importância crescente em todas as áreas de conhecimento na química básica e aplicada. Estes métodos são largamente utilizados no estudo do controlo de qualidade de vários alimentos, pois fornecem, com rapidez, dados sobre a estabilidade, perante o seu comportamento térmico (Skoog, 1992).

### **Parte Experimental**

Neste trabalho avaliou-se a estabilidade térmica assim como as diferentes formas polimorfas do chocolate, através das técnicas de TGA (Thermogravimetric Analysis) e DSC (Diferencial Scanning Calorimetry), sob atmosfera de argón.

O chocolate é constituído por manteiga de cacau, e esta possui diferentes formas cristalinas (formas polimorfas), que podem ser obtidas da seguinte forma:

#### *Forma I*

Produzida aquecendo a manteiga de cacau até 100°C, mantendo durante 2 minutos, arrefecida até 0°C e aquecendo imediatamente a 5°C por minuto até aos 40°C.

#### *Forma II*

Produzida como a anterior, excepto que se deixa a 0°C durante 15 minutos.

#### *Forma III*

Produzida arrefecendo dos 100°C para 5°C, deixa-se a 5°C durante 16 horas, depois é arrefecida a 0°C e mantém-se durante 5 minutos.

#### *Forma IV*

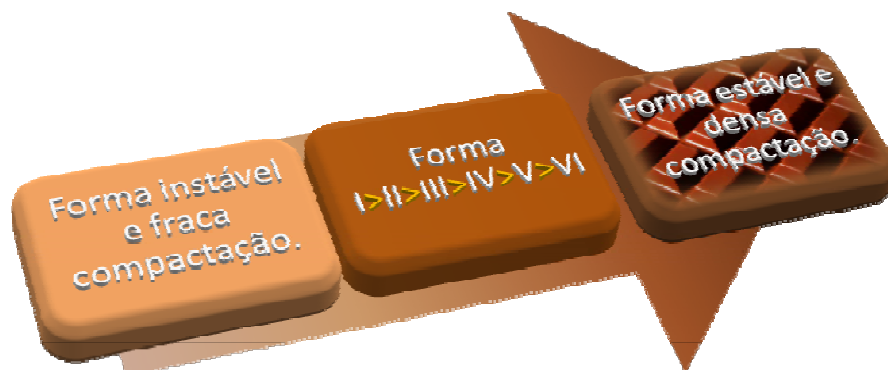
Produzida arrefecendo dos 100°C para 16°C, mantém-se durante 1 hora e depois é arrefecida a 10°C e mantém-se durante 15 minutos.

#### *Forma V*

Produzida incubando a 20°C durante 11 dias e manter a 18°C durante 5 minutos.

#### Forma VI

Para ser produzida necessita de alguns meses a 20°C. (Pereira, 2004)



**Fig. 1:** Polimorfismo da manteiga de cacau.

Um pequeno pedaço de chocolate, cerca de 1,5g, foi colocado num tubo de ensaio que de seguida, foi introduzido num banho termostático a temperaturas pré definidas durante +/- 1 hora. Ao fim deste tempo o tubo de ensaio foi colocado em gelo, cerca de 5 minutos e posteriormente a amostra foi sujeita á sua caracterização.

As curvas termogravimétricas foram obtidas num equipamento de TGA da marca Rheometric Scientific. O intervalo de temperatura explorado foi de 30 a 700°C e a velocidade de aquecimento foi de 10°C/min. Utilizou-se uma atmosfera dinâmica de árgon, assim como um cadinho de plantina. As curvas DSC foram obtidas num equipamento do modelo DSC 821<sup>e</sup> da marca Mettler Toledo. O intervalo de temperatura explorado foi de -20 a 90°C e a velocidade de aquecimento foi de 5°C/min. Utilizou-se uma atmosfera dinâmica de árgon, assim como um cadinho de alumínio.

### **Resultados e discussão**

As curvas TGA, apresentadas nas Figura 2 e 3, representam o comportamento térmico das amostras do chocolate sujeitas ao tratamento térmico referido (T=40 °C) e à temperatura ambiente, respectivamente. Em ambos os casos observou-se que a estabilidade térmica do chocolate pode ser avaliada até cerca de 200 °C, e o processo de decomposição térmica segundo a curva TG, ocorreu em duas etapas. Calculou-se como temperatura do início da degradação os 216,43 °C. No segundo caso, determinou-se como temperatura do início da degradação os 217,38°C.

Comparando as temperaturas do início da degradação, constata-se que o chocolate que sofre tratamento térmico a 40 °C inicia a sua degradação a uma temperatura ligeiramente mais baixa, sendo, por isso, menos estável termicamente.

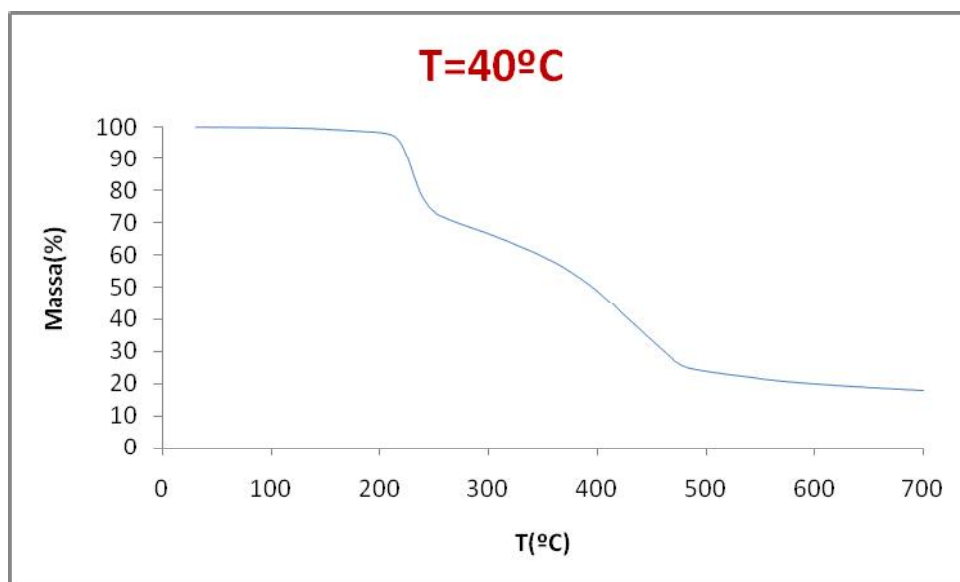


Fig.2 – Curva TGA em atmosfera de árgon do chocolate que sofreu um tratamento térmico a  $T = 40^{\circ} C$ .

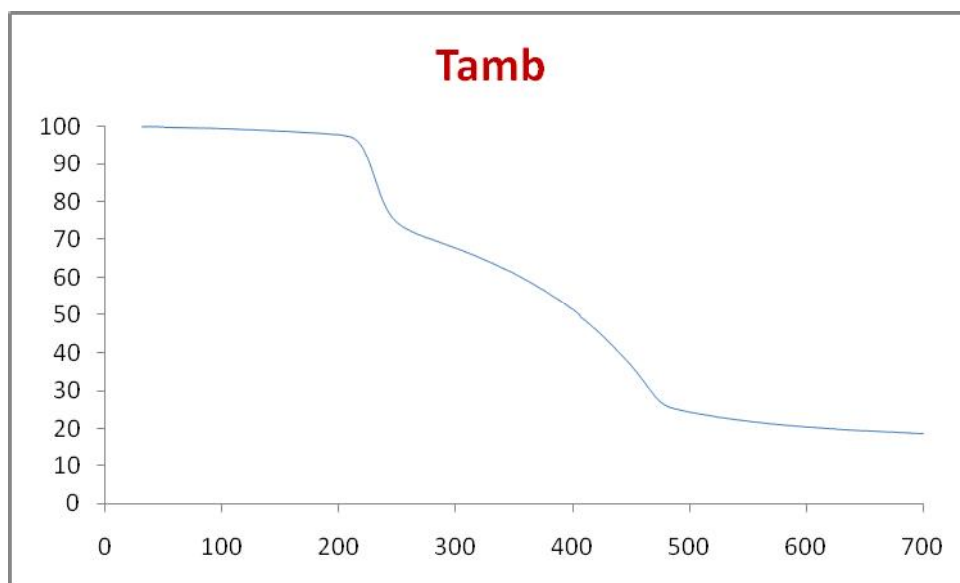
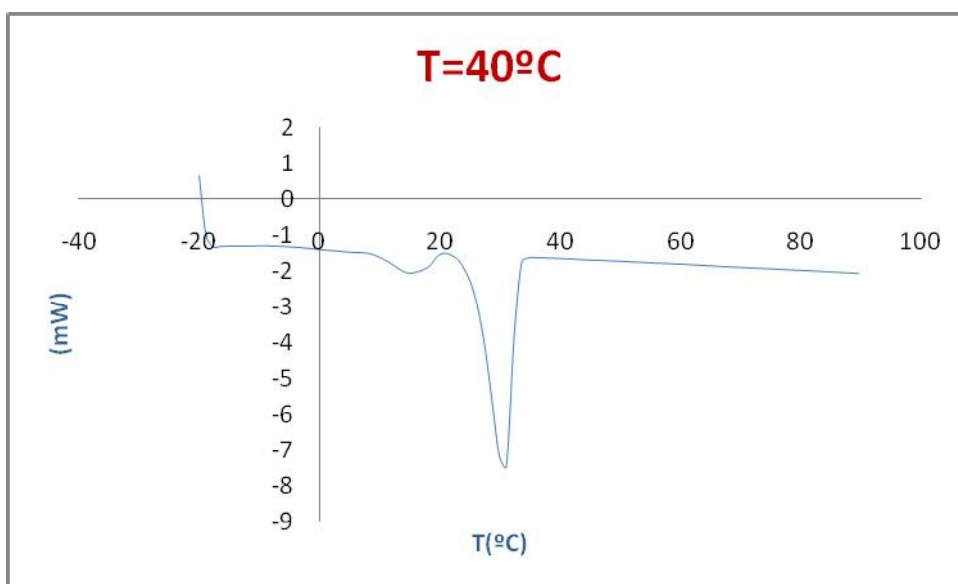
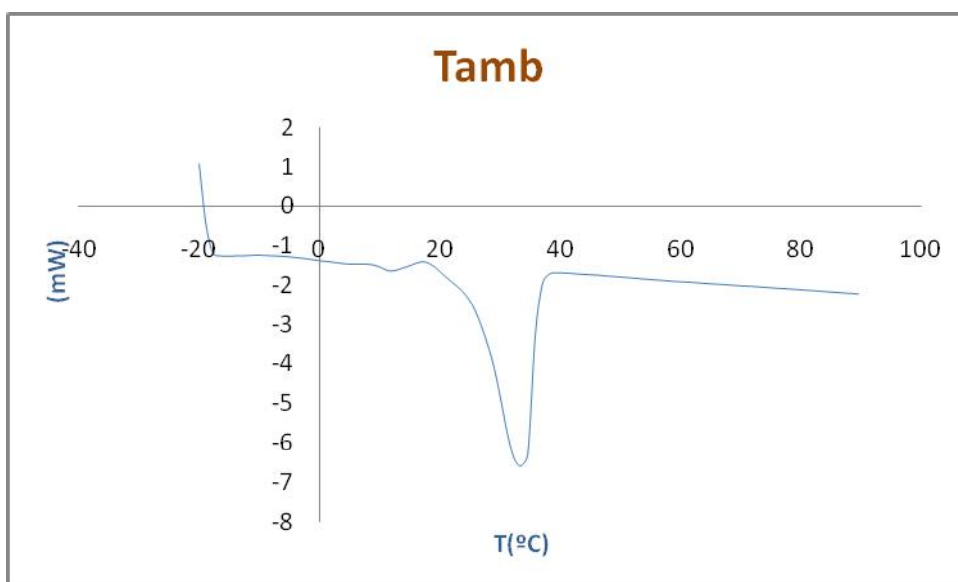


Fig.3 – Curva TGA em atmosfera de árgon do chocolate guardado em ambiente de laboratório.

Na curvas DSC obtidas, representadas nas figura 4 e 5, pode ver-se um pico de menor área seguido de outro de maior área. Estes picos traduzem-se na fusão do chocolate e a temperatura de início da fusão é dependente do tratamento térmico que o chocolate sofre. Estas pequenas variações nesta temperatura dão-nos as diferentes formas polimorfas do chocolate (manteiga de cacau mais especificamente) que influenciam directamente o sabor do chocolate.



**Fig.4** – Curva DSC em atmosfera de árgon do chocolate que sofreu um tratamento térmico a  $T = 40^{\circ}\text{C}$ .



**Fig.5** – Curva DSC em atmosfera de árgon do chocolate guardado em ambiente de laboratório.



Na tabela 2 aparecem as temperaturas de início (T onset) / fim (Tendset) da fusão, assim como a área do pico que nos informa sobre a entalpia de fusão do chocolate.

**Tabela 2** – Dados retirados das análises de DSC

	1º Pico		2º Pico		$\Delta H / \text{mJ}$
	T onset / °C	Tendset / °C	T onset / °C	Tendset / °C	
T (40 °C)	8.76	20.08	24.63	32.67	339.98
T ambiente	8.90	17.10	23.77	36.54	461.66

Analisando os dados da tabela 2 poderá dizer-se, de uma maneira muito simplificada, que o chocolate, que sofreu um tratamento térmico a 40 °C, inicia a fusão a uma temperatura ligeiramente inferior e a área do pico é mais pequena. O facto da área ser mais pequena poderá estar relacionada com a quantidade da forma cristalina que está presente no chocolate, ou seja, poderá estar directamente ligada com o sabor do chocolate.

### **Conclusão**

A realização deste tipo de experiências possibilita ao aluno aprender através da investigação e usando materiais bem conhecidos. Aqui está a motivação!

Verifica-se que o chocolate vai perdendo luminosidade com o tempo, devido ao polimorfismo da manteiga de cacau, uma vez que com o tempo de armazenamento os cristais de gordura que se encontram na Forma V passam à forma VI, provocando o “Bloom” quando o chocolate é armazenado durante longos períodos.

A Forma V é aquela que se considera de melhor sabor e por isso quando colocamos um chocolate no frigorífico ou a temperaturas elevadas, notamos uma mudança de sabor.

Esta experiência simples poderá ser implementada quer a nível universitário, quer a nível do secundário, utilizando instrumentos mais simples.

### **Notas**

1. Esta experiência integra-se na linha de investigação *Ensino Superior: Imagens e Práticas* (CIED, Universidade do Minho).

### **Referências bibliográficas**

Coady C.; O Guia do Chocolate; 1997;

Moretto, E.; Fett, R. Tecnologia de Óleos e Gorduras Vegetais. São Paulo: Varela, 1998.

Ortemberg A.; Clube de mestres chocolateiros – Paixão pelo chocolate; 2003; Barcelona

Pereira A.; Relatório de Projecto – Influencia da manteiga de cacau e da temperagem nas propriedades do chocolate; 2004; Beja

Sairigné, C.D., & Leite, J.; O chocolate, o chá e o café; 1984.

Skoog and Leary; Principles of Instrumental Analysis, 4th ed., 1992, Florida.

Wendlandt, W. W., Thermal Analysis, John Willer & Sons, 1986.

Willard, H. L. Merritt, J. Dean; Análise Instrumental, 4ª ed.; 1965, Nova Iorque.

[http://www.abratec.com.br/abratec/download/nomenclatura\\_anal\\_termica\\_parteII.pdf](http://www.abratec.com.br/abratec/download/nomenclatura_anal_termica_parteII.pdf)