

PORTFÓLIO DE SERVIÇO	
CÓDIGO	LAAIEG01
LABORATÓRIO	LAAI – LABORATÓRIO DE ANÁLISES INSTRUMENTAIS
DIVISÃO	APR – DIVISÃO DE PROPULSÃO
SUBDIRETORIA	SDEG – SUBDIRETORIA DE ENGENHARIA
DESCRIÇÃO	ESPECTROSCOPIA NO INFRAVERMELHO POR TRANSFORMADA DE FOURIER (FT-IR): ANÁLISE QUALITATIVA DE AMOSTRAS LÍQUIDAS E SÓLIDAS DE COMPOSTOS ORGÂNICOS, INORGÂNICOS E POLIMÉRICOS; ANÁLISE QUALITATIVA POR REFLEXÃO TOTAL ATENUADA (ATR), REFLETÂNCIA DIFUSA (DRIFT), ANÁLISE QUANTITATIVA DO ÍNDICE DE HIDROXILA EM RESINAS PBLH. FAIXA DE OPERAÇÃO NO INFRAVERMELHO PRÓXIMO E MÉDIO

Descrição do STE

Na espectroscopia no infravermelho são estudados os espectros de absorção de substâncias na região do infravermelho, de 10000 a 100 cm^{-1} . As faixas espectrais abrangem as regiões do infravermelho próximo (NIR), 14290 a 4000 cm^{-1} , do infravermelho médio (MIR), 4000 a 666 cm^{-1} , e do infravermelho distante (FAR), 700 a 200 cm^{-1} . Nestas análises, a radiação de infravermelho é absorvida e convertida pela molécula em energia de vibração. A absorção é quantizada e os espectros vibracionais aparecem como bandas. O que se mede é a fração de energia transmitida em relação à energia incidente em determinado número de onda (cm^{-1}) ou comprimento de onda (μm).

O espectrômetro de infravermelho com transformada de Fourier (FT-IR) é o instrumento que mede a transmitância ou absorvância das substâncias analisadas. Há detecção simultânea de vários comprimentos de onda. Alguns acessórios são utilizados acoplados aos espectrômetros FT-IR. O ATR é o acessório utilizado para análise de superfície de materiais por reflexão total atenuada. Neste experimento, a radiação que passa através do cristal reflete totalmente na sua superfície interna. Quando um material que absorve radiação seletivamente é colocado em contato com um cristal, o feixe penetrará numa camada fina da superfície da amostra e perderá energia naqueles comprimentos de onda nos quais o material absorve. Já o UATR é o acessório utilizado para análise de superfície de materiais por reflexão total atenuada universal. Neste acessório, um cristal composto de um diamante ATR está em contato direto com um elemento focalizador de ZnSe. O elemento focalizador fornece o interfaceamento ótico da radiação infravermelha para o cristal de diamante. E, por fim, o DRIFT é o acessório utilizado para análise de superfície de materiais por refletância difusa. Neste experimento, a radiação infravermelha, difusamente espalhada, é coletada por espelhos e direcionada ao detetor, não existindo o problema de contato ótico.

A Figura 1 exemplifica um espectro de infravermelho, que é o registro gerado pelo espectrômetro de infravermelho em forma de bandas (absorções ou picos), quando uma substância é submetida à uma fonte de infravermelho, constituindo um espectro de absorção. As bandas são caracterizadas pela sua posição em comprimento de onda (μm) ou número de onda (cm^{-1}) e intensidade (% de T ou A).

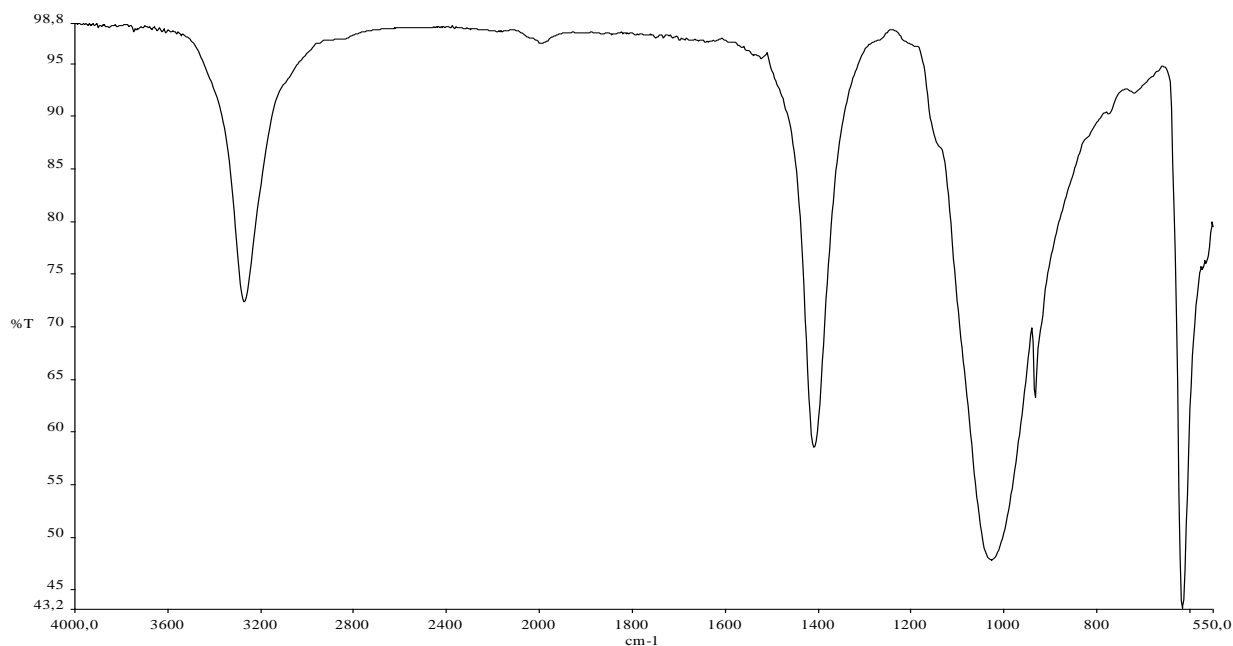


Figura 1 – Exemplo de um resultado de uma análise FT-IR.

Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

A sequência ordenada de atividades e tarefas que serão realizadas no LAAI para a prestação do serviço técnico especializado na área de análise de espectroscopia no infravermelho é descrita em detalhes a partir do seguinte ordenado de etapas:

- **Etapa 1. Reunião inicial com o solicitante para a definição dos parâmetros a serem utilizados nas análises e verificação da possibilidade de atendimento:** Inicialmente, por uma reunião técnica, o solicitante e a equipe da ICT definem os melhores parâmetros a serem utilizados nas análises (faixa de operação, preparação de amostra, tipo de acessório utilizado, entre outros). Reserva-se o direito à equipe da ICT de avaliar a possibilidade de atendimento diante das condições disponíveis no laboratório, concordando ou recusando as análises. Todas as etapas de análise são discutidas, definindo-se os relatórios a serem entregues, prazos, e as reuniões de acompanhamento, se assim acordados.

- **Etapa 2. Recebimento das amostras:** Após a reunião inicial e com a definição dos parâmetros de análise, ocorre o recebimento das amostras nas condições previamente estabelecidas entre o solicitante e a equipe da ICT. As amostras são armazenadas em dessecador até a realização dos ensaios. As condições ambientais são mantidas e controladas, por meio de equipamentos de ar condicionado, desumidificador e termohigrômetro, para a manutenção da integridade das amostras.

- **Etapa 3. Ensaio/análise:** Nesta etapa, acontece o ensaio de espectroscopia no infravermelho propriamente dito, no qual é obtido um espectro de absorção. As condições ambientais são mantidas e controladas, por meio de equipamentos de ar condicionado, desumidificador e termohigrômetro, para o adequado funcionamento dos equipamentos do laboratório.

- **Etapa 4. Análise dos resultados obtidos nas análises/ Elaboração de Relatórios:** Uma análise minuciosa dos resultados é realizada pela equipe do laboratório após as análises de espectroscopia no infravermelho. Nesta etapa, é realizada a análise do espectro de absorção obtido, juntamente com sua tabela de picos. Uma vez concluídas todas as etapas anteriores, a equipe da ICT procederá a confecção do relatório acordado no início do projeto com o solicitante. Juntamente com o relatório serão entregues todas as outras informações previamente acordadas entre a equipe da ICT e o solicitante, em mídias também definidas previamente.

Pessoal envolvido para realização do STE

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de análise de espectroscopia no infravermelho é o efetivo do Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI) da Seção de Síntese e Caracterização (APR-PSC) da Divisão de Propulsão (APR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço, cabe a realização de pesquisas, desenvolvimento e análises físico-químicas de caracterização de propelentes, proteções térmicas, revestimentos e/ou seus componentes.

Tabela 1 – Definição de pesquisadores envolvidos.

Serviço técnico especializado	Pesquisadores envolvidos
Espectroscopia no infravermelho por transformada de Fourier (FT-IR): análise qualitativa de amostras líquidas e sólidas de compostos orgânicos, inorgânicos e poliméricos; análise qualitativa por reflexão total atenuada (ATR), refletância difusa (DRIFT), análise quantitativa do índice de hidroxila em resinas PBLH. Faixa de operação no infravermelho próximo e médio.	Todo o efetivo do Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI) da ICT/IAE. Por ser a especialista mais experiente, a servidora civil <u>Elizabeth da Costa Mattos</u> será incumbida de chefiar as atividades do STE em análise de espectroscopia no infravermelho.

Tabela 2 – Número de servidores envolvidos nas etapas do STE.

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 2	1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 3	1 Servidor de Nível Técnico
Etapa 4	1 Servidor de Nível Superior

Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE

O laboratório que será requerido é o Laboratório de Análises Instrumentais (LAAI), disponível na infraestrutura da ICT/IAE. Reforça-se que o laboratório dispõe de servidores de nível superior e de um corpo técnico preparados para a realização do serviço técnico especializado na área de análise de espectroscopia no infravermelho.

Para a realização do STE, uma quantidade diversa de insumos pode ser requerida de acordo com a especificidade do ensaio, como por exemplo, solventes e células de KBr. Durante

a fase de alinhamento do serviço, mediante intermédio de Fundação de Apoio, é acordado quais insumos deverão ser adquiridos para o atendimento completo do pedido feito pelo solicitante do ensaio.

Para a execução deste serviço serão utilizados os equipamentos: Espectrômetro FT-IR FRONTIER da PerkinElmer, ar condicionado, termohigrômetro e desumidificador. Em geral, são utilizados também instrumentos para a preparação da amostra, tais como pinças, espátulas, alicates de corte, alicates de manuseio, tesouras, estiletes, dentre outros dependendo da especificidade da amostra. Inerentemente, são utilizados computadores, programas computacionais (software do equipamento, editor de texto e planilhas eletrônicas) para o tratamento dos resultados e para elaboração dos relatórios. São utilizados também materiais básicos de segurança do trabalho (EPI). Os equipamentos e instrumentos utilizados variam conforme a solicitação do requisitante da análise, sendo necessário a consulta prévia ao laboratório.

Cronograma de execução do STE

Utilizando como referência as etapas explicitadas acima para uma única amostra, estima-se que os tempos de execução atendam ao cronograma disposto na Tabela 3. Em caso de duplicata e triplicata, os custos da etapa 3 é multiplicado por 2 ou 3, respectivamente. Os tempos de execução de cada etapa podem variar em função da complexidade da análise a ser atendida pelo STE.

Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização do STE.

Etapa 1	0,5 h
Etapa 2	0,5 h
Etapa 3	1 h
Etapa 4	2 h

Eventuais certificações e garantias dos resultados obtidos do STE

Após a realização das análises requeridas, o laboratório emitirá o relatório final de acordo com os procedimentos padronizados pelo laboratório de acordo com as normas específicas ASTM, sempre que possível.

Formação dos custos unitários/globais do STE

Para o dimensionamento dos custos, o setor administrativo da ICT/IAE será responsável por estabelecer o custo da Hora Laboratório (HL), da Hora Computador (HC) e do Homem Hora (HH) referentes a ICT/IAE. Para a HL, tem-se como composição as horas em energia, do custo de manutenção de operacionalidade do equipamento e do custo de obsolescência do equipamento diluído em horas utilizadas pelo STE. Para a HC, considera-se o custo dos programas utilizados, de sua atualização e de sua obsolescência. Para o HH, estabelecem-se os valores referentes aos custos de serviços de funcionários de Nível Superior e Nível Médio. A tabela a seguir exhibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

Tabela 5 – Composição de custos.

Mão de Obra Dedicada	Atividade	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
Nível Superior	Reunião	0,5	R\$ 189,81	R\$ 94,91
Nível Técnico		0	R\$ 109,24	R\$ 0,00
			SUBTOTAL	R\$ 94,91
Nível Superior	Recebimento de amostra	0	R\$ 189,81	R\$ 0,00
Nível Técnico		0,5	R\$ 109,24	R\$ 54,62
			SUBTOTAL	R\$ 54,62
Nível Superior	Ensaio	0	R\$ 189,81	R\$ 0,00
Nível Técnico		1	R\$ 109,24	R\$ 109,24
			SUBTOTAL	R\$ 109,24
Nível Superior	Análise dos resultados/Relatório	2	R\$ 189,81	R\$ 379,62
Nível Técnico		0	R\$ 109,24	R\$ 0,00
			SUBTOTAL	R\$ 379,62
			TOTAL	R\$ 638,39

QUANTIDADE
ENSAIO DE 1 amostra

Equipamentos

Atividade	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	BMP (n° de carga)	Custo do Equipamento (R\$)	Potência do Equipamento (kW)	Tempo de Equipamento ligado (h)	Tempo de Vida Útil estimado (h)	Custo de Manutenção por hora de uso (R\$/h)	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)
ENSAIO	Dedicado	Espctrômetro FT-IR	1749669	R\$350.000,00	0,8	1	175320	R\$7,00	R\$0,62
	Apoio	Condicionador de ar	2135276	R\$4.000,00	2	1	70128	R\$2,00	R\$1,56
	Apoio	Desumidificador	679617	R\$3.000,00	0,4	1	175320	R\$0,20	R\$0,31
	Apoio	Datalogger	686177	R\$3.000,00	0,004	1	131490	R\$0,20	R\$0,00
	Dedicado	Computador	1749676	R\$15.000,00	0,020	1	87660	R\$1,00	R\$0,02
								SUBTOTAL	R\$2,51
RELATÓRIO	Dedicado	Computador	1963365	R\$8.000,00	0,020	2	87660	R\$1,00	R\$0,03
	Dedicado	Condicionador de ar	1808772	R\$4.000,00	2	2	87660	R\$2,00	R\$3,12
								SUBTOTAL	R\$3,15

Tabela 6 – Valores finais das etapas.

CÁLCULO DO VALOR FINAL ENSAIO		CÁLCULO DO VALOR RELATÓRIO	
Mão de Obra Dedicada	R\$ 258,77	Mão de Obra Dedicada	R\$ 379,62
Consumo de energia	R\$ 2,51	Consumo de energia	R\$ 3,15
Valor de insumos	R\$ 0,00	Valor de insumos	R\$ 0,00
Custo manutenção Equipamentos	R\$ 10,40	Custo manutenção Equipamentos	R\$ 6,00
Depreciação dos Equipamentos	R\$ 2,26	Depreciação dos Equipamentos	R\$ 0,27
Depreciação de Instalações	R\$ 0,00	Depreciação de Instalações	R\$ 0,00
TOTAL	R\$ 273,94	TOTAL	R\$ 389,04

Valor Total do ensaio: Soma dos valores da Tabela 6: R\$ 662,99

OBS: A estimativa de custo por análise foi feita considerando-se análises realizadas sem necessidade de preparação da amostra e sem a utilização de acessórios acoplados ao espectrômetro. Custos de análises em condições diferentes destas serão fornecidos sob consulta.

Informações que a contratante deve apresentar para apreciação do grau de inovação do STE

De acordo com o estabelecido na Política de Inovação da ICT/IAE, a contratante deve apresentar mediante Carta ao Instituto um compêndio de informações acerca da necessidade de realização de STE e que estejam enquadrados nos objetivos da Lei de Inovação de nº 10.973/04, mais especificamente os artigos 4º, 6º, 8º, 9º e 22º, e devidamente verificados pelo Chefe da VDIR-GI/IAE. Um encaminhamento formal será enviado para a Coordenadoria de Gestão da Inovação (DCTA-CGI), para enfim serem aprovados pelo Diretor da ICT/IAE.