

<b>PORTFÓLIO DE SERVIÇO</b>	
<b>CÓDIGO</b>	<b>LEQMEG02</b>
<b>LABORATÓRIO</b>	<b>LEQM – LABORATÓRIO DE ELETROQUÍMICA DOS MATERIAIS</b>
<b>DIVISÃO</b>	<b>AMR – DIVISÃO DE MATERIAIS</b>
<b>SUBDIRETORIA</b>	
<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>MEDIDAS DE PH, CONDUTIVIDADE ELÉTRICA DE SOLUÇÕES E SÓLIDOS</b>

### *Descrição do STE*

São oferecidos para as medidas de ph, condutividade elétrica de soluções e sólidos, dois tipos de metodologias: A voltametria cíclica (CV) e a espectroscopia de impedância eletroquímica (EIS).

## **1. A VOLTAMETRIA CÍCLICA (CV)**

A voltametria cíclica (CV) é uma técnica eletroquímica amplamente utilizada para estudar as propriedades redox de substâncias químicas. Essa técnica envolve a aplicação de um potencial que varia linearmente com o tempo sobre uma amostra e a medição da corrente resultante, permitindo a investigação dos processos de oxidação e redução que ocorrem no sistema.

### **1.1 Aplicações da CV**

A CV é utilizada para diversas finalidades, incluindo:

1. **Caracterização de Reações Redox:** Determina os potenciais de oxidação e redução das espécies químicas.
2. **Estudo de Cinética Eletroquímica:** Avalia a velocidade das reações redox e os mecanismos de transferência de elétrons.
3. **Determinação de Estabilidade:** Analisa a estabilidade de espécies intermediárias e produtos formados durante a reação.
4. **Análise de Materiais:** Caracteriza materiais eletroativos, como catalisadores, eletrodos de baterias, e sensores.
5. **Investigação de Processos de Adsorção/Desorção:** Estuda a interação de moléculas com superfícies de eletrodos.

### **1.2 Parâmetros da Voltametria Cíclica**

Para realizar uma análise de voltametria cíclica, alguns parâmetros importantes devem ser definidos:

1. **Faixa de Potencial:** Intervalo de potencial no qual a varredura será realizada. Este intervalo deve incluir os potenciais de oxidação e redução esperados das espécies estudadas.
2. **Taxa de Varredura:** Velocidade com que o potencial é varrido, geralmente expressa em volts por segundo (V/s). A taxa de varredura afeta a resolução temporal das reações redox e a forma dos voltamogramas.
3. **Número de Ciclos:** Quantidade de varreduras que serão realizadas. Múltiplos ciclos podem ser utilizados para estudar a reprodutibilidade e a estabilidade das respostas eletroquímicas.
4. **Eletrólito de Suporte:** Solução que fornece a condutividade iônica necessária para o experimento. O eletrólito deve ser inerte dentro da faixa de potencial aplicada.
5. **Eletrodos:** A configuração típica inclui um eletrodo de trabalho (onde ocorre a reação redox), um eletrodo de referência (mantém um potencial constante e conhecido) e um eletrodo auxiliar (completa o circuito para a corrente fluir).

### 1.3 Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

**Etapa 1. Definição dos Parâmetros de Análise:** A primeira etapa consiste em uma reunião de até 30 minutos para definir os parâmetros da análise de voltametria cíclica. Durante essa reunião, discutiremos o objetivo da análise, o tipo de amostra, as condições experimentais, como a faixa de potenciais e a taxa de varredura. Esta etapa é fundamental para garantir que todos os aspectos do experimento estejam alinhados com as expectativas do cliente.

**Etapa 2. Planejamento Experimental:** Com os parâmetros definidos, elaboramos um planejamento experimental detalhado. Esse plano inclui a preparação das amostras, a configuração da célula eletroquímica e a programação dos equipamentos de medição. O planejamento visa garantir a execução eficiente e precisa dos experimentos, minimizando possíveis erros e retrabalhos.

**Etapa 3. Execução dos Experimentos:** Os experimentos de voltametria cíclica são realizados conforme o planejamento. Utilizando equipamentos de alta precisão da VIONIC Metrohm, aplicamos um potencial variável às amostras e medimos a corrente resultante. Durante essa etapa, monitoramos constantemente as condições experimentais para garantir a integridade dos dados coletados.

**Etapa 4. Elaboração de Relatório:** Após a execução dos experimentos, elaboramos um relatório detalhado contendo os dados obtidos. Os resultados são apresentados em formato de tabelas .CSV ou

.txt, facilitando a análise posterior pelo cliente. O relatório inclui também uma descrição dos métodos e condições experimentais, proporcionando um registro completo do processo.

#### **1.4 Pessoal envolvido para realização do STE**

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de Eletroquímica é o efetivo do Laboratório de Eletroquímica de Materiais (LEQM) o qual pertence à Subdivisão de Materiais (AMR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço.

**Tabela 1 – Definição de servidores envolvidos.**

<b>Serviço técnico especializado</b>	<b>Servidores envolvidos</b>
VOLTAMETRIA CÍCLICA (CV)	Todo o efetivo do Laboratório de Eletroquímica de Materiais (LEQM) da ICT/IAE.

**Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas descritas na seção 4.1.2.**

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 2	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 3	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 4	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 5	1 Servidor de Nível Superior

#### **1.5 Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE**

A princípio, não será necessário o fornecimento de insumos básicos para a realização do STE para a voltametria cíclica por parte do solicitante, uma vez que a LEQM da ICT/IAE possui infraestrutura de laboratório contendo todos os instrumentos e dispositivos necessários para a execução desses serviços. Entretanto, o solicitante será responsável pelo fornecimento de material específico (gases utilizados) para efetuar as análises solicitadas, quer seja pela compra ou pela reposição de todo o material de consumo especificamente utilizado na análise.

Todos os documentos gerados ao longo da execução do STE serão entregues ao solicitante em formato digital. Qualquer necessidade, por parte do solicitante, de entrega de documentação em formato físico, este será o responsável por providenciar as impressões. Reforça-se que o LEQM dispõe de corpo técnico preparado para a realização deste serviço especializado.

#### **1.6 Cronograma de execução do STE**

Utilizando como referência as etapas explicitadas na seção "Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE", estima-se que os tempos de execução atendam

ao disposto na Tabela 3. É importante ressaltar que variações são esperadas em função da complexidade do ensaio e do tipo de dispositivo a ser atendida pelo STE.

**Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização de ensaios funcionais em dispositivos passivos de RF**

Etapa 1	30 min
Etapa 2	1 horas
Etapa 3	2 horas * aprox.
Etapa 4	1 hora
Etapa 5	variável (opcional)

**Tabela 4 – Infraestrutura necessária para realização das etapas para ensaios de dispositivos passivos de RF.**

Etapas 1	Programa para envio e recebimento de correio eletrônico e/ou reunião virtual
Etapa 2	Programa para leitura de arquivos padrão PDF e programa editor de texto.
Etapa 3	VIONIC Metrohm / Ciclator BCS815
Etapa 4/5	Software Intello e Nova, BT Lab, Programa para leitura de arquivos padrão PDF e programa editor de texto

### ***1.7 Formação dos custos unitários/globais do STE na área de ensaios de dispositivos passivos de RF***

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 exibe a composição de custos com base nos valores de HL, HC e HH supracitados.

**Tabela 5 – Composição de custos.**

	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total
Mão de Obra Dedicada	Etapa 1	Nível Superior	1/2	R\$ 189,81	R\$ 94,91
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00
	Etapa 2	Nível Superior	5	R\$ 189,81	R\$ 949,05
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00
	Etapa 3	Nível Superior	-	-	-
		Nível Técnico	-	-	-

	Etapa 4	Nível Superior	4	R\$ 189,81	R\$ 759,24	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 5	Nível Superior	4	R\$ 189,81	R\$ 759,24	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	<b>SUBTOTAL</b>		<b>R\$ 2.752,25</b>			

\* A carga horária da Etapa 4 irá depender do tipo de amostra a ser analisadas e do tipo de análise, simples ou completa.

Equipamentos Dedicados e de Apoio (Consumo Energético e Depreciação)	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	Valor de Compra (conforme BMP)	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Consumo em kWh – Durante o tempo de utilização	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	Etapa 3	VIONIC Metrohm	R\$ 69.748,93	1.000	120	2	2,00	R\$ 1,56	R\$ 3,86	R\$ 7,71
Etapa 3	CICLADOR	R\$ 433.834,44	4800	120	2	9,60	R\$ 7,49	R\$ 23,99	R\$ 47,98	
									<b>R\$ 64,74</b>	

Depreciação de Instalações	Instalação (nome como é conhecido o prédio/laboratório)	Número / identificação do prédio	Valor estimado da obra	Tempo Estimado de Vida Útil – em anos	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Horas Estimadas de Vida Útil	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	LEQM	E- 0003	R\$ 1.500.000,00	50	5	60280	R\$ 24,88	R\$ 111,98
<b>SUBTOTAL</b>								<b>R\$ 111,98</b>

## 2. ESPECTROSCOPIA DE IMPEDÂNCIA ELETROQUÍMICA (EIS)

A impedância eletroquímica (Electrochemical Impedance Spectroscopy - EIS) é uma técnica de análise que avalia as propriedades de um sistema eletroquímico ao medir sua resposta a uma pequena perturbação de corrente ou tensão alternada ao longo de uma gama de frequências. Os dados obtidos são frequentemente apresentados como diagramas de Nyquist ou Bode.

### 2.1 Aplicações da EIS

- Corrosão: Avaliação de taxas de corrosão e mecanismos.
- Baterias: Caracterização de desempenho e diagnóstico de falhas.
- Sensores: Determinação de sensibilidade e seletividade.
- Revestimentos: Avaliação de propriedades protetoras e adesão.
- Complexidade da amostra: Sistemas mais complexos podem exigir análises mais detalhadas e, portanto, mais caras.
- Número de amostras: Análises em grande quantidade podem ter custos reduzidos por amostra.
- Serviços adicionais: Preparação de amostras, interpretação de dados e elaboração de relatórios podem incrementar o custo total.
- Fatores a serem definidos com o cliente
- Frequência: As medidas são realizadas em uma faixa de frequências que pode variar de alguns mHz a vários kHz.
- Amplitude da Sinal: A amplitude da corrente ou tensão alternada aplicada ao sistema.
- Potencial de repouso: Potencial ao qual a célula eletroquímica é equilibrada antes da medida.
- Temperatura: Condições térmicas durante a medida, que podem ser controladas para garantir a reprodutibilidade.
- Eletrólito: Tipo e concentração do eletrólito utilizado na célula eletroquímica.
- Eletrodos: Tipo e configuração dos eletrodos, incluindo o eletrodo de referência, eletrodo de trabalho e eletrodo auxiliar podendo medir o potencial também no auxiliar.

## 2.2 Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE

**Etapa 1. Definição dos Parâmetros de Análise:** O primeiro passo é uma reunião de até 30 minutos para definir os parâmetros da análise de impedância eletroquímica. Nesta reunião, discutiremos o objetivo da análise, o tipo de amostra, as condições experimentais, como a faixa de frequências, a amplitude do sinal AC, e as características dos eletrodos a serem usados. Essa etapa é crucial para garantir que todos os aspectos do experimento estejam alinhados com as expectativas do cliente.

**Etapa 2. Planejamento Experimental:** Com os parâmetros definidos, elaboramos um planejamento experimental detalhado. Este plano inclui a preparação das amostras, a configuração da célula eletroquímica, e a programação dos equipamentos de medição. O planejamento visa garantir a execução eficiente e precisa dos experimentos, minimizando possíveis erros e retrabalhos.

**Etapa 3. Execução dos Experimentos:** Os experimentos de impedância eletroquímica são realizados conforme o planejamento. Utilizando equipamentos de alta precisão da VIONIC Metrohm, medimos a resposta eletroquímica das amostras ao longo de uma faixa de frequências predeterminada. Durante essa etapa, monitoramos constantemente as condições experimentais para garantir a integridade dos dados coletados.

**Etapa 4. Elaboração de Relatório:** Após a execução dos experimentos, elaboramos um relatório detalhado contendo os dados obtidos. Os resultados são apresentados em formato de tabelas .CSV ou .txt, facilitando a análise posterior pelo cliente. O relatório inclui também uma descrição dos métodos e condições experimentais, proporcionando um registro completo do processo.

## 2.3 Pessoal envolvido para realização do STE

O pessoal da ICT necessário para a prestação da STE relacionado com a área de Eletroquímica é o efetivo do Laboratório de Eletroquímica de Materiais (LEQM) o qual pertence à Subdivisão de Materiais (AMR) da ICT/IAE. A eles, de acordo com o Regimento Interno do Instituto de Aeronáutica e Espaço.

**Tabela 1 – Definição de servidores envolvidos.**

Serviço técnico especializado	Servidores envolvidos
-------------------------------	-----------------------



Espectroscopia de impedância eletroquímica	Todo o efetivo do Laboratório de Eletroquímica de Materiais (LEQM) da ICT/IAE.
--	--

**Tabela 2 – Número de servidores de nível superior e nível técnico envolvidos nas etapas descritas na seção 4.1.2.**

Etapa 1	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 2	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 3	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 4	1 Servidor de Nível Superior
Etapa 5	1 Servidor de Nível Superior

#### **2.4 Insumos, equipamentos e laboratórios utilizados para a realização do STE**

A princípio, não será necessário o fornecimento de insumos básicos para a realização do STE para a voltametria cíclica por parte do solicitante, uma vez que a LEQM da ICT/IAE possui infraestrutura de laboratório contendo todos os instrumentos e dispositivos necessários para a execução desses serviços. Entretanto, o solicitante será responsável pelo fornecimento de material específico (gases utilizados) para efetuar as análises solicitadas, quer seja pela compra ou pela reposição de todo o material de consumo especificamente utilizado na análise.

Todos os documentos gerados ao longo da execução do STE serão entregues ao solicitante em formato digital. Qualquer necessidade, por parte do solicitante, de entrega de documentação em formato físico, este será o responsável por providenciar as impressões. Reforça-se que o LEQM dispõe de corpo técnico preparado para a realização deste serviço especializado.

#### **2.5 Cronograma de execução do STE**

Utilizando como referência as etapas explicitadas na seção "Sequência ordenada de atividades e tarefas para a prestação do STE", estima-se que os tempos de execução atendam ao disposto na Tabela 3. É importante ressaltar que variações são esperadas em função da complexidade do ensaio e do tipo de dispositivo a ser atendida pelo STE.

**Tabela 3 – Cronograma das etapas para realização de ensaios funcionais em dispositivos passivos de RF**

Etapa 1	30 min
Etapa 2	5 horas
Etapa 3	2 horas * aprox.
Etapa 4	4 horas
Etapa 5	4 horas (opcional)

**Tabela 4 – Infraestrutura necessária para realização das etapas para ensaios de dispositivos passivos de RF.**

Etapas 1	Programa para envio e recebimento de correio eletrônico e/ou reunião virtual
Etapa 2	Programa para leitura de arquivos padrão PDF e programa editor de texto.
Etapa 3	VIONIC Metrohm
Etapa 4/5	Software Intello e Nova, Programa para leitura de arquivos padrão PDF e programa editor de texto

## **2.6 Formação dos custos unitários/globais do STE na área de ensaios de dispositivos passivos de RF**

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.**

	Atividade	Qualificação	Carga Horária	Valor por Hora	Valor Total	
Mão de Obra Dedicada	Etapa 1	Nível Superior	1/2	R\$ 189,81	R\$ 94,91	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 2	Nível Superior	5	R\$ 189,81	R\$ 949,05	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 3	Nível Superior	-	-	-	
		Nível Técnico	-	-	-	
	Etapa 4	Nível Superior	4	R\$ 189,81	R\$ 759,24	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
	Etapa 5	Nível Superior	4	R\$ 189,81	R\$ 759,24	
		Nível Técnico	0	R\$ 109,24	R\$ 0,00	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>R\$ 2.562,44</b>			

Equipamentos Dedicados e de Apoio (Consumo Energético e Depreciação)	Tipo de Equipamento (Dedicado ou de Apoio)	Equipamento	Valor de Compra (conforme BMP)	Potência do Equipamento (em Watts)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (min)	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Consumo em kWh – Durante o tempo de utilização	Custo de Energia (R\$0,78 por kWh)	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	Etapa 3	VIONIC Metrohm	R\$ 69.748,93	1.000	1.800	30	30,00	R\$ 23,40	R\$ 4,11	R\$ 123,39
								R\$ 23,40		R\$ 123,39
									<b>R\$ 146,79</b>	

Depreciação de Instalações	Instalação (nome como é conhecido o prédio/laboratório)	Número / identificação do prédio	Valor estimado da obra	Tempo Estimado de Vida Útil – em anos	Tempo de Uso PARA A ATIVIDADE (horas)	Horas Estimadas de Vida Útil	Depreciação Estimada por Hora de Uso	Valor Depreciado durante o tempo de uso em R\$
	LEQM	E- 0003	R\$ 1.500.000,00	50	5	60280	R\$ 24,88	R\$ 111,98
<b>SUBTOTAL</b>								<b>R\$ 111,98</b>

<b>CÁLCULO DO VALOR FINAL DO SERVIÇO</b>	
<b>Mão de Obra Dedicada</b>	<b>R\$ 2.562,44</b>
<b>Consumo Energético e Depreciação dos Equipamentos</b>	<b>R\$ 64,74</b>
<b>Depreciação de Instalações</b>	<b>R\$ 335,93</b>
<b>Material de Consumo/Insumos</b>	<b>R\$ 0,00</b>
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 2.963,11</b>

***2.7 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.