

ESTUDO TÉCNICO PRELIMINAR

INTRODUÇÃO:

O presente Estudo Técnico Preliminar (ETP) tem por finalidade subsidiar a instrução do processo administrativo destinado à contratação de solução integrada de monitoramento micrometeorológico, baseada na técnica de Covariância dos Vórtices Turbulentos (*Eddy Covariance*), contemplando sistemas de medição por torres de fluxo, estações compactas Carbon Node, sensores biometeorológicos, estruturas e componentes de instalação, sistemas de aquisição, comunicação e transmissão de dados, licenciamento de software especializado, serviços de calibração, suporte técnico e demais componentes necessários à implantação, integração, operação e manutenção da rede de monitoramento.

A contratação visa atender às necessidades do Projeto IrrigaSIM – Uso de Inteligência Artificial na Gestão de Projetos de Irrigação, possibilitando a implantação de uma infraestrutura científica destinada ao monitoramento contínuo dos fluxos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), calor sensível, calor latente, evapotranspiração e demais variáveis micrometeorológicas relacionadas às trocas de massa e energia entre a superfície agrícola e a atmosfera.

Os dados produzidos pela infraestrutura serão utilizados no desenvolvimento de pesquisas científicas, na calibração e validação de modelos agrometeorológicos e hidrológicos, na estimativa e espacialização da evapotranspiração, na avaliação das trocas de carbono, água e energia entre a superfície agrícola e a atmosfera e no desenvolvimento de modelos e algoritmos baseados em inteligência artificial para apoio ao planejamento, dimensionamento e manejo da irrigação. Essas informações subsidiarão a elaboração de projetos de irrigação mais representativos das condições locais, contribuindo para o uso eficiente dos recursos hídricos, o aumento da produtividade agrícola e a sustentabilidade dos sistemas de produção no Estado do Paraná.

Este ETP apresenta a caracterização da necessidade da contratação, os requisitos da solução, a análise das alternativas disponíveis, a justificativa da solução escolhida e os demais elementos técnicos necessários para demonstrar a viabilidade da contratação, em conformidade com a Lei nº 14.133/2021 e as boas práticas de planejamento das contratações públicas.

1. DESCRIÇÃO DA NECESSIDADE DA COMPRA:

A contratação é necessária para viabilizar a implantação de uma rede de monitoramento micrometeorológico capaz de gerar dados primários contínuos e de alta precisão sobre os fluxos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), evapotranspiração, balanço de energia e demais variáveis micrometeorológicas associadas às trocas de massa e energia diferentes áreas agrícolas do Estado do Paraná e a atmosfera.

Os dados produzidos serão essenciais para o desenvolvimento das atividades previstas no Projeto IrrigaSIM – Uso de IA na Gestão de Projetos de Irrigação, subsidiando pesquisas científicas, a calibração e validação de modelos e o desenvolvimento de soluções baseadas em inteligência artificial voltadas ao planejamento e à gestão sustentável da irrigação. A geração de dados observacionais em alta resolução espacial e temporal constitui requisito indispensável para garantir a confiabilidade das análises e dos modelos desenvolvidos no âmbito do projeto.

A necessidade desta contratação fundamenta-se nos seguintes aspectos técnicos e institucionais:

1.1 Fortalecimento da gestão hídrica e adaptação às variabilidades climáticas

O Estado do Paraná tem registrado recorrentes eventos de estiagem e maior variabilidade das condições climáticas, impactando a disponibilidade hídrica e a produtividade agrícola. Nesse contexto, torna-se necessária a ampliação da capacidade de monitoramento das interações entre atmosfera, solo e vegetação, por meio de medições diretas da evapotranspiração e das trocas de energia e massa, fornecendo informações que subsidiem o planejamento e a gestão sustentável da irrigação.

1.2 Atendimento às políticas públicas e às demandas institucionais

A contratação contribuirá para o atendimento das diretrizes do Programa Estadual de Segurança Hídrica na Agricultura (Lei Estadual nº 21.994/2024), fornecendo dados observacionais de alta precisão para apoiar estudos relacionados ao consumo hídrico das culturas agrícolas, à eficiência do uso da água e ao desenvolvimento de estratégias voltadas ao uso sustentável dos recursos hídricos.

1.3 Suporte ao desenvolvimento do Projeto IrrigaSIM

O Projeto IrrigaSIM demanda dados micrometeorológicos contínuos, confiáveis e de alta resolução temporal para o desenvolvimento, calibração e validação de modelos e de algoritmos de inteligência artificial voltados à estimativa da evapotranspiração, ao monitoramento das condições hídricas das culturas e ao apoio à tomada de decisão. A infraestrutura objeto desta contratação constitui requisito essencial para a obtenção desses dados.

1.4 Ampliação da capacidade de monitoramento ambiental

Além de atender às demandas do Projeto IrrigaSIM, a infraestrutura permitirá a realização de estudos relacionados aos fluxos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O) e ao balanço de energia em diferentes áreas agrícolas do Estado do Paraná, subsidiando pesquisas em balanço de carbono, monitoramento ambiental e modelagem de sistemas agrícolas, bem como o desenvolvimento de metodologias para quantificação dos fluxos de carbono em sistemas agrícolas, fortalecendo a produção de conhecimento científico e o desenvolvimento de tecnologias voltadas à sustentabilidade da agricultura.

2. DEMONSTRAÇÃO DA PREVISÃO DA CONTRATAÇÃO NO PLANO DE CONTRATAÇÕES ANUAIS DO SIMEPAR:

Os recursos necessários para esta aquisição/contratação estão previstos no orçamento anual da Instituição.

3. REQUISITOS DA CONTRATAÇÃO:

3.1 A CONTRATADA deve observar o cumprimento de todas as leis e normas aplicáveis ao OBJETO, especial atenção àquelas relacionadas ao pagamento das obrigações empresariais relacionadas à encargos fiscais, trabalhistas e previdenciários.

3.2 A solução a ser contratada deverá atender integralmente às necessidades técnicas e científicas do Projeto **IrrigaSIM – Uso de Inteligência Artificial na Gestão de Projetos de Irrigação**, assegurando a implantação de uma infraestrutura integrada de monitoramento micrometeorológico compatível com as atividades de pesquisa previstas, bem como com os requisitos de aquisição, armazenamento, processamento e transmissão dos dados observacionais.

3.3 A CONTRATADA deverá ser responsável pelo fornecimento de 02 (duas) Torres de Fluxo Eddy Covariance completas, aptas à medição contínua dos fluxos turbulentos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), calor sensível e calor latente, bem como das variáveis biometeorológicas necessárias à estimativa da evapotranspiração e à aplicação da técnica de Covariância dos Vórtices Turbulentos (*Eddy Covariance*).

3.4 A CONTRATADA deverá ser responsável pelo fornecimento de 03 (três) estações compactas Carbon Node para monitoramento micrometeorológico complementar, compatíveis e plenamente integráveis às torres de fluxo;

3.5 A CONTRATADA deverá ser responsável pelo fornecimento de todos os sensores biometeorológicos, instrumentos, dataloggers, sistemas de aquisição de dados, componentes estruturais, estruturas de fixação, gabinetes, suportes, cabos, conectores, sistemas de alimentação elétrica, dispositivos de proteção, comunicação e transmissão de dados, bem como todos os acessórios necessários ao perfeito funcionamento da infraestrutura;

3.6 A CONTRATADA deverá disponibilizar software especializado para configuração, aquisição, processamento, armazenamento, visualização, gerenciamento e exportação dos dados, incluindo as respectivas licenças de uso, atualização e compatibilidade com os equipamentos fornecidos;

3.7 A CONTRATADA deverá prestar os serviços de calibração, configuração, integração dos equipamentos, testes de funcionamento, comissionamento e validação operacional da infraestrutura, diretamente ou por intermédio de assistência técnica autorizada pelo fabricante, permanecendo integralmente responsável pela

qualidade dos serviços executados, pelo perfeito funcionamento da solução fornecida e pelo cumprimento de todas as obrigações contratuais;

3.8 A CONTRATADA deverá garantir a compatibilidade entre todos os componentes da solução, assegurando sua operação integrada, estabilidade, sincronização temporal das medições e rastreabilidade das medições;

3.9 A solução deverá ser entregue completa, configurada e apta à operação, não sendo admitido o fornecimento de equipamentos incompatíveis entre si ou que dependam da aquisição posterior de componentes essenciais ao seu funcionamento;

3.10 A CONTRATADA deverá assegurar a garantia dos equipamentos fornecidos pelo prazo mínimo de **24 (vinte e quatro) meses**, observadas as condições estabelecidas pelo fabricante.

3.10.1 O prazo de garantia será contado **a partir da data de embarque dos equipamentos ("date of shipment")**, conforme política de garantia do fabricante LI-COR, constante da proposta comercial.

3.10.2 A CONTRATADA responderá, durante o período de garantia, pelos equipamentos de fabricação própria da LI-COR, abrangendo defeitos de fabricação, falhas de funcionamento e vícios de qualidade, comprometendo-se a promover, sem custos adicionais para a CONTRATANTE, os reparos ou substituições cabíveis, nos termos da garantia do fabricante.

3.10.3 Os equipamentos e componentes fabricados por terceiros e fornecidos como parte integrante da solução estarão sujeitos exclusivamente às respectivas garantias de seus fabricantes originais, não sendo a CONTRATADA responsável por garantias adicionais ou suplementares, devendo, entretanto, prestar o suporte administrativo necessário para intermediar o acionamento dessas garantias junto aos respectivos fabricantes, quando solicitado pela CONTRATANTE.

3.11 A CONTRATADA deverá disponibilizar os equipamentos ao transportador, no seu país de origem, na modalidade **CPT (Carriage Paid To)**, no prazo máximo de **45 (quarenta e cinco) dias corridos**, contados da data de emissão do Pedido de Compra ou da assinatura do Contrato de Fornecimento, prevalecendo o que ocorrer primeiro. Para fins de cumprimento do prazo contratual, considerar-se-á realizada a entrega quando os equipamentos forem disponibilizados ao transportador, acompanhados da documentação necessária para o transporte internacional, em conformidade com as condições estabelecidas no **Incoterm CPT – Incoterms® vigente**.

3.12 A entrega deverá ter como destino as instalações do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná – SIMEPAR, localizadas na Av. Cel. Francisco H. dos Santos, nº 210, Bairro Jardim das Américas, Curitiba/PR, CEP 81531-980, Brasil, na condição **CPT (Carriage Paid To)**, conforme a versão vigente dos Incoterms.

3.13 Caberá à CONTRATADA providenciar o transporte internacional até o local de destino indicado, bem como fornecer toda a documentação necessária ao transporte e à importação dos equipamentos, incluindo fatura comercial (Commercial Invoice), lista de embalagem (Packing List), certificados, manuais, licenças e demais documentos exigidos para o desembaraço aduaneiro e o recebimento dos bens.

3.14 Requisitos Legais – a presente INEXIGIBILIDADE DE LICITAÇÃO está fundamentada pela Lei Federal 14.133/2021 art. 74 inciso I.

5. ESTIMATIVA DA DEMANDA:

O dimensionamento dos quantitativos foi realizado com base no delineamento experimental do Projeto IrrigaSIM e na estratégia de implantação da rede de monitoramento micrometeorológico no Estado do Paraná. O projeto prevê a realização de medições em **cinco** áreas agrícolas distribuídas na região Noroeste do Estado do Paraná, selecionadas de forma a representar diferentes condições de cultivo, manejo agrícola e características dos solos, possibilitando a construção de uma base de dados representativa para o desenvolvimento, a calibração e a validação dos modelos de inteligência artificial.

A técnica de covariância dos vórtices turbulentos (Eddy Covariance) realiza medições representativas apenas da área de influência aerodinâmica (footprint) da estação de monitoramento, cuja extensão varia em função da altura de instalação dos sensores, da direção e intensidade do vento, da estabilidade atmosférica e das características da superfície monitorada. Dessa forma, uma única torre não possui capacidade de representar simultaneamente diferentes regiões agrícolas, tornando necessária a distribuição espacial das unidades de monitoramento. A área de contribuição das torres varia conforme as condições locais, sendo tipicamente da ordem de dezenas de hectares até alguns quilômetros quadrados. Importante destacar que uma vez monitorado um cultura, os produtos obtidos via sensoriamento remoto permitiram representar aquela cultura e portanto, todo a região do noroeste paranaense.

Considerando esses aspectos técnicos, a infraestrutura foi dimensionada da seguinte forma:

- **02 (duas) Torres de Fluxo Eddy Covariance (Modelo LI-7900EF):** destinadas à obtenção de medições de referência de alta precisão dos fluxos turbulentos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), calor sensível, calor latente e demais variáveis biometeorológicas, constituindo os sítios de referência para calibração, validação e controle de qualidade das medições da rede.
- **03 (três) Estações Compactas Carbon Node (Modelo LI-720-CN):** destinadas à ampliação da cobertura espacial da rede de monitoramento, permitindo a instrumentação das demais áreas experimentais previstas no projeto. A adoção dessa configuração possibilita expandir a representatividade geográfica das medições utilizando equipamentos compatíveis com a metodologia Eddy Covariance, mantendo a qualidade dos dados necessários às atividades de pesquisa e reduzindo o custo de implantação quando comparada à instalação exclusiva de torres completas em todos os locais monitorados.
- **01 (um) lote de peças sobressalentes e serviços especializados:** destinado a assegurar a continuidade operacional da rede durante o período de execução do projeto, contemplando componentes de reposição, serviços de manutenção, suporte técnico especializado, minimizando interrupções nas séries temporais de dados, cuja continuidade é requisito fundamental para as análises científicas e para a calibração dos modelos desenvolvidos.

6. LEVANTAMENTO DE MERCADO:

O levantamento de mercado teve por finalidade identificar soluções tecnológicas capazes de atender aos requisitos científicos e operacionais do Projeto IrrigaSIM “Uso de Inteligência Artificial na Gestão de Projetos de Irrigação”, considerando a necessidade de obtenção de dados micrometeorológicos de alta precisão, a compatibilidade entre os equipamentos da rede, a integração com softwares especializados de processamento de fluxos turbulentos e a aderência às metodologias internacionalmente empregadas na técnica de covariância dos vórtices turbulentos (Eddy Covariance). Para essa análise foram considerados os seguintes aspectos:

- (i) capacidade de medição contínua dos fluxos turbulentos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), calor sensível e calor latente;
- (ii) disponibilidade de solução integrada para implantação de rede híbrida composta por torres de fluxo completas e estações compactas, na configuração aprovada no Plano de Trabalho;
- (iii) compatibilidade entre os equipamentos, os softwares de aquisição e processamento de dados e a metodologia adotada no projeto;
- (iv) disponibilidade de suporte técnico especializado, serviços de calibração e manutenção;
- (v) viabilidade de instrumentação simultânea de 5 (cinco) sítios experimentais dentro da dotação orçamentária aprovada.

Da alternativa examinada. A pesquisa contemplou o exame da principal alternativa comercialmente disponível (doravante “Solução A”), ofertada por fabricante distinto e igualmente destinada à medição de fluxos turbulentos por covariância dos vórtices. Trata-se de sistema consagrado para medições isoladas, cuja aptidão técnica para essa finalidade não se contesta. Verificou-se, contudo, que a Solução A atende apenas parcialmente aos requisitos do projeto: embora disponha de torres de fluxo completas, não oferece equipamento equivalente à estação compacta Carbon Node, tampouco qualquer solução que integre, em

unidade única de ultrabaixo consumo, o analisador de gases, o anemômetro ultrassônico, os sensores biometeorológicos complementares e o processamento embarcado de fluxos.

Da consequência dessa ausência. A lacuna é determinante e não comporta contorno. A arquitetura híbrida homologada 2 (duas) torres de referência e 3 (três) estações compactas foi concebida precisamente para viabilizar a instrumentação simultânea dos cinco sítios dentro dos recursos disponíveis. Com a Solução A, a instrumentação dos três pontos periféricos exigiria a aquisição de três torres completas adicionais, de custo unitário e consumo elétrico substancialmente superiores, o que extrapolaria o teto orçamentário aprovado pela Fundação Araucária e importaria a descaracterização da arquitetura definida no Plano de Trabalho.

Da comprovação documental da exclusividade. A inexistência de equipamento equivalente foi atestada por duas fontes independentes juntadas aos autos. A primeira é a declaração formal de fonte única (Sole Source Declaration) firmada pela LI-COR, Inc., na qual a fabricante consigna expressamente não haver instrumento comparável disponível por qualquer outro fabricante em âmbito mundial. A segunda é a manifestação técnica do Daugherty Water for Food Global Institute da Universidade de Nebraska, instituição coexecutora que opera 15 (quinze) torres de fluxo há aproximadamente 16 (dezesesseis) anos e acompanha sistematicamente o mercado internacional de instrumentação micrometeorológica, a qual atestou, com base nessa experiência, a inexistência de equipamento de terceiro que realize medição direta de fluxo de carbono e evapotranspiração por covariância dos vórtices turbulentos em formato compacto.

Da extensão da exclusividade à rede como um todo. Constatada a exclusividade do componente compacto, cumpre demonstrar por que ela se projeta necessariamente sobre os demais elementos da rede. As torres de fluxo não constituem instalações autônomas: operam como referências metrológicas contra as quais se calibram e validam as medições das estações compactas, procedimento indispensável, uma vez que o Carbon Node é tecnologia recente e demanda validação direta contra a torre de referência nas condições locais de solo, clima e manejo do Noroeste do Paraná. Referência e instrumento calibrado devem compartilhar o mesmo princípio físico de medição — no caso, a espectroscopia de infravermelho não dispersivo (NDIR) e a mesma cadeia de processamento, sob pena de a calibração cruzada transportar, em vez de corrigir, o erro sistemático de cada instrumento.

Do requisito metodológico de homogeneidade. O desenho experimental do IrrigaSIM é comparativo por natureza: confronta quatro sítios sob irrigação com um sítio-controle não irrigado, a fim de determinar o volume hídrico ótimo por cultura e quantificar a pegada de carbono sob cada manejo. Em experimento dessa natureza, o instrumento de medição deve ser rigorosamente o mesmo em todos os pontos, sob pena de o viés inter-instrumental — diferenças sistemáticas de resposta em frequência, geometria óptica, algoritmos de correção e critérios de controle de qualidade, tornar-se indistinguível do próprio efeito da irrigação sob investigação. Não se trata de perda de precisão, mas de perda de validade: o experimento deixaria de responder à pergunta que se propôs a responder. Acresce que a uniformidade da cadeia de processamento, assegurada na solução pretendida, pela execução embarcada do software EddyPro no módulo SmartFlux 3, com saída em formato nativo padronizado, garante que a diferença medida entre os sítios seja atribuível ao manejo praticado em campo, e não à implementação computacional adotada em cada ponto.

De características técnicas adicionais verificadas. Registrou-se, ainda, que a solução pretendida apresenta vantagens operacionais relevantes para rede de monitoramento público de longa duração: (a) estabilidade óptica superior, com deriva de zero por temperatura da ordem de $\pm 0,1$ ppm/ $^{\circ}\text{C}$, contra $\pm 0,3$ $\mu\text{mol/mol}/^{\circ}\text{C}$ da alternativa examinada, o que assegura a integridade das séries de evapotranspiração real por períodos prolongados sem intervenção presencial — fator crítico em áreas remotas; e (b) arquitetura modular, na qual o analisador de gases opera fisicamente independente do anemômetro ultrassônico, de modo que a falha de um componente não implica a retirada do conjunto para assistência técnica, evitando a interrupção simultânea das séries de vento e de gases. Tais características, embora não constituam por si sós fundamento da inviabilidade de competição, reforçam a adequação da solução às condições de operação previstas.

Conclusão. Do levantamento realizado conclui-se que a Solução A não atende integralmente às necessidades do projeto, por não dispor do componente essencial à arquitetura aprovada, e que a exclusividade de fabricação da estação Carbon Node, conjugada à exigência metodológica de

homogeneidade instrumental entre todos os pontos da rede, torna inviável a competição para o atendimento do objeto tal como necessariamente definido. A inviabilidade não decorre de preferência por marca determinada nem da experiência prévia da equipe ou de instituição parceira, mas de duas circunstâncias objetivas e documentalmente comprovadas: a inexistência de equipamento equivalente ao Carbon Node no mercado mundial e a impossibilidade técnica de fracionar a rede sem comprometer a validade científica da comparação entre tratamentos.

7. ESTIMATIVA DO VALOR DA CONTRATAÇÃO:

Os preços de referência dos equipamentos foram obtidos a partir de cotação internacional apresentada pela empresa LI-COR em dólares norte-americanos (USD). Para fins de estimativa do valor da contratação, os montantes foram convertidos para reais (R\$) utilizando a taxa de câmbio adotada na data da elaboração da pesquisa de preços, acrescidos da estimativa dos tributos incidentes sobre a importação, despesas aduaneiras e demais custos necessários à internalização dos bens. O valor estimado da contratação, para fins orçamentários e de instrução do processo, é expresso em moeda nacional (R\$), sem prejuízo da apresentação dos valores originais em USD para fins de transparência e rastreabilidade da composição dos preços.

Lote 1	Qtd	Produto/Serviço	Valor Original (USD)	Valor Estimado (Reais)
Item I	2	Torre de Fluxo Eddy Covariance (Modelo LI-7900EF) composta pelos itens "A" a "N" da tabela do Termo de Referência	U\$ 132.726,56	R\$ 689.434,84
Item II	3	Estação de Fluxo de Carbono - Carbon Node (Modelo LI-720-CN) composta pelo item "O" da tabela do Termo de Referência	U\$ 96.965,34	R\$ 503.676,76
Item III	1	Kit de Peças sobressalentes composto pelos itens "P" a "Y" da tabela do Termo de Referência.	U\$ 48.891,57	R\$ 253.962,37
		Frete estimado	U\$ 12.000,00	R\$ 62.332,80
		Taxa de emissão de documentos	U\$ 139,99	R\$ 727,16
Valor estimado dos impostos com a importação dos equipamentos (II, IPI, PIS, COFINS, ICMS,) Taxas e Demais Despesas. Taxa de Câmbio PTAX 07/2026 utilizado nos cálculos: R\$ 5,1944				R\$ 1.105.643,51
TOTAL GERAL ESTIMADO EM MOEDA REAL				R\$ 2.616.608,55

Considerando a natureza específica da solução tecnológica e a exclusividade do fabricante LI-COR Inc. para o atendimento integral dos requisitos técnicos do Projeto IrrigaSIM, a estimativa do valor da contratação pautou-se na análise da razoabilidade dos preços praticados pelo fornecedor exclusivo, em substituição à pesquisa de preços comparativa de mercado, cuja realização resta impedida pela ausência de produtos concorrentes com especificações técnicas equivalentes.

A avaliação da conformidade dos preços foi realizada mediante a análise de documentos comprobatórios de vendas recentes efetuadas pela LI-COR para outros clientes internacionais. Para o sistema de Torre de Fluxo Eddy Covariance (LI-7900EF), o valor unitário proposto de US\$ 68.518,92 (R\$ 394.668,97, na taxa de câmbio de R\$ 5,76) mostra-se inferior ao valor de US\$ 73.600,00 praticado em negociações similares do fabricante. No que tange às estações Carbon Node (LI-720-CN), o valor unitário de

US\$ 38.290,99 (R\$ 220.556,16) apresenta variações marginais e justificáveis em relação a contratos anteriores (US\$ 35.581,00), decorrentes de especificidades logísticas e de composição do fornecimento.

A vantagem econômica da contratação é reforçada pela modalidade de importação direta, que elimina margens de intermediação de revendedores nacionais, e pela aplicação de descontos institucionais exclusivos decorrentes da cooperação científica com o DWFI da Universidade de Nebraska. Tais benefícios incluem um desconto comercial de 10% sobre os sistemas principais EddyFlux e de 8% sobre os sistemas Carbon Node e periféricos, assegurando que o Simepar usufrua de condições financeiras diferenciadas e superiores à política geral de preços da empresa, atendendo plenamente ao requisito de justificativa de preço para processos de inexigibilidade de licitação.

8. DESCRIÇÃO DA SOLUÇÃO MAIS ADEQUADA:

A solução proposta consiste na implantação de uma rede integrada de monitoramento micrometeorológico baseada na técnica de covariância dos vórtices turbulentos (*Eddy Covariance*), estruturada para atender às necessidades técnicas, científicas e operacionais do Projeto IrrigaSIM – Uso de IA na Gestão de Projetos de Irrigação.

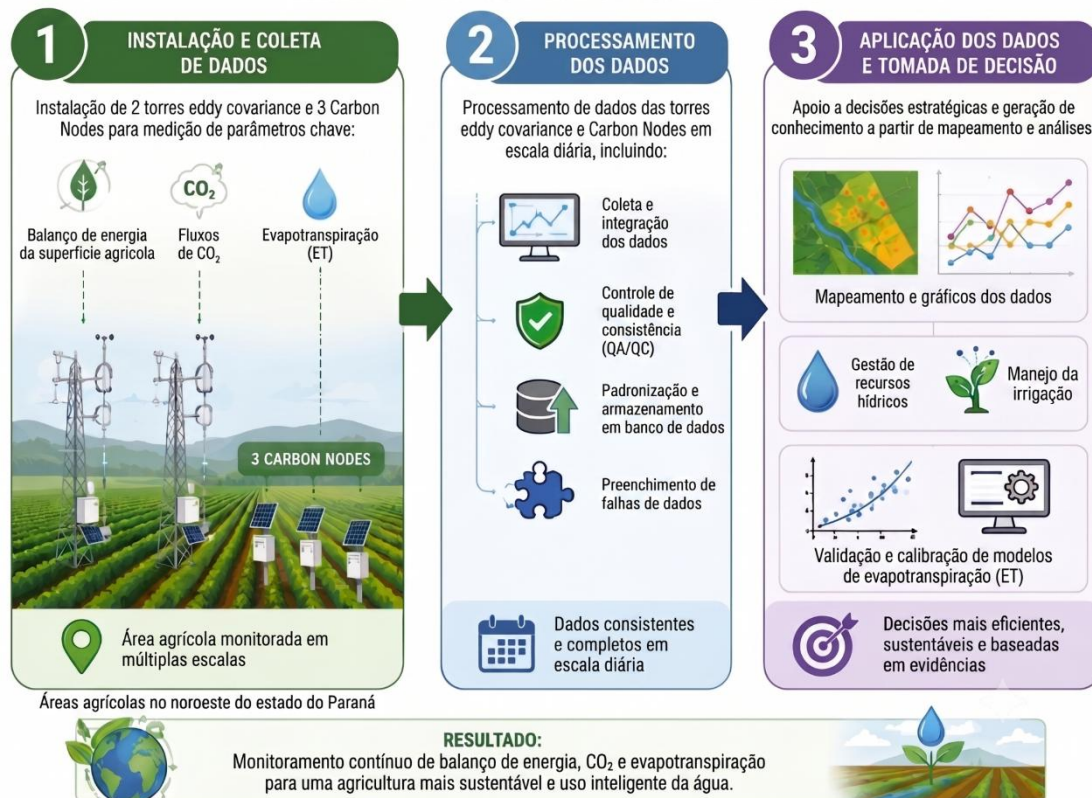
Conforme previsto no plano de trabalho do projeto, a solução foi concebida para operar por meio de uma arquitetura híbrida composta por duas Torres de Fluxo Eddy Covariance e três estações compactas Carbon Node, distribuídas em cinco áreas agrícolas da região Noroeste do Estado do Paraná. Essa configuração permite combinar medições de referência de alta precisão com a ampliação da cobertura espacial da rede de monitoramento, proporcionando a geração contínua de dados micrometeorológicos representativos para o desenvolvimento e a validação dos modelos de inteligência artificial.

A solução contempla todo o fluxo operacional do projeto, compreendendo:

- aquisição contínua de dados micrometeorológicos e de fluxos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), evapotranspiração e balanço de energia;
- gerenciamento remoto e centralizado da infraestrutura instalada nas cinco áreas experimentais;
- processamento padronizado, controle de qualidade e armazenamento das séries temporais;
- integração dos dados em uma base única para utilização pelos modelos computacionais do Projeto IrrigaSIM;
- disponibilização das informações para pesquisas científicas, modelagem ambiental e apoio à tomada de decisão em irrigação.

O fluxograma a seguir apresenta a arquitetura funcional da solução prevista para o projeto.

FLUXOGRAMA: MONITORAMENTO, PROCESSAMENTO E APLICAÇÃO DE DADOS TORRES DE EDDY COVARIANCE E CARBON NODES



A solução adotada foi definida desde a concepção do Projeto IrrigaSIM e encontra-se prevista em seu Plano de Trabalho, elaborado em conjunto com os parceiros institucionais e científicos do projeto, incluindo o Daugherty Water for Food Global Institute (DWFI) da Universidade de Nebraska (EUA). Toda a metodologia de monitoramento, aquisição, processamento e utilização dos dados foi estruturada considerando uma infraestrutura integrada, de forma a assegurar a padronização das medições, a consistência das séries temporais, os softwares de gerenciamento e as ferramentas computacionais empregadas no projeto.

Após o levantamento de mercado realizado, verificou-se que somente o ecossistema tecnológico da LI-COR Biosciences atende integralmente aos requisitos estabelecidos no Plano de Trabalho. A plataforma disponibiliza, de forma integrada, as torres de fluxo Eddy Covariance, as estações compactas Carbon Node, os softwares de aquisição e processamento dos dados, os serviços de calibração e suporte técnico, permitindo o gerenciamento centralizado da rede instalada nas cinco áreas experimentais.

A adoção de infraestrutura composta por equipamentos de fabricantes distintos exigiria a utilização de plataformas independentes para configuração, monitoramento, aquisição e gerenciamento dos dados, comprometendo a integração operacional da rede, a padronização do processamento das informações e a consolidação de uma base única de dados para alimentação dos modelos de inteligência artificial desenvolvidos no âmbito do Projeto IrrigaSIM.

Dessa forma, conclui-se que a implantação do ecossistema tecnológico integrado da LI-COR Inc. representa a solução que melhor atende aos requisitos técnicos, científicos e operacionais do projeto, assegurando a execução da metodologia prevista, a confiabilidade dos dados produzidos e a integração entre todas as etapas de monitoramento, processamento e aplicação das informações.

9. JUSTIFICATIVA PARA O PARCELAMENTO OU NÃO DA CONTRATAÇÃO:

O objeto da contratação é divisível e pode ser parcelado?

() Sim, é divisível e foi parcelado em tantas parcelas quanto tecnicamente e economicamente viáveis. Nota: Detalhamento maior quanto o agrupamento em lotes poderá ser justificado no termo de referência.



() É divisível, mas não poderá ser parcelado. < justificar a impossibilidade de parcelamento do objeto em itens ou contratações distintas >.

(X) Não é divisível – Nos termos do art. 40, inciso V, alínea “b”, da Lei nº 14.133/2021, analisou-se a viabilidade técnica e econômica do parcelamento do objeto da contratação.

Embora o objeto esteja detalhado em itens na estimativa de custos para fins de transparência contábil (Torres, Carbon Nodes e Peças) , a solução micrometeorológica é tecnicamente indivisível em termos de fornecedor/marca. A divisão da infraestrutura entre fabricantes distintos quebraria a homogeneidade dos dados , impediria as rotinas automatizadas de calibração cruzada e geraria severas incompatibilidades lógicas de arquivos. Ademais, causaria um aumento exponencial de custos e atrasos críticos no cronograma, pois exigiria que os pesquisadores parceiros paralisassem suas atividades para desenvolver novos algoritmos de conversão do zero. Portanto, para assegurar a integridade científica e a viabilidade do modelo de IA, agrupa-se a contratação como lote único da marca LI-COR.

10. PROVIDÊNCIAS ANTERIORES À CELEBRAÇÃO DO CONTRATO:

Será necessária a capacitação de empregado para a execução contratual?

() Sim. A capacitação deverá ser providenciada pela Contratada.

(X) Não. Não será necessária a realização de capacitação pela contratada.

A capacitação técnica e operacional dos profissionais do SIMEPAR será realizada no âmbito da cooperação técnico-científica estabelecida para a execução do Projeto IrrigaSIM – Uso de IA na Gestão de Projetos de Irrigação, desenvolvido em parceria com o Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), a Fundação Araucária e o Daugherty Water for Food Global Institute (DWFI) da Universidade de Nebraska (EUA).

Os pesquisadores do DWFI, instituição com reconhecida experiência na utilização da técnica de covariância dos vórtices turbulentos (Eddy Covariance), serão responsáveis pela capacitação da equipe técnica do SIMEPAR quanto à instalação, operação, manutenção de campo e utilização da infraestrutura de monitoramento, bem como aos procedimentos de aquisição, processamento e interpretação dos dados micrometeorológicos gerados pelos equipamentos.

Dessa forma, não há necessidade de previsão contratual de treinamento pela fornecedora, uma vez que essa atividade será executada pelos parceiros técnico-científicos do projeto, sem custos adicionais para o SIMEPAR.

11. DEMONSTRATIVOS DOS RESULTADOS PRETENDIDOS:

Com a contratação da infraestrutura integrada de monitoramento micrometeorológico baseada na técnica de Covariância dos Vórtices Turbulentos (Eddy Covariance), pretende-se alcançar os seguintes resultados:

I. Implantar uma rede integrada de monitoramento micrometeorológico, composta por sistemas Eddy Covariance e estações Carbon Node, destinada à aquisição contínua de dados ambientais em áreas experimentais do Projeto IrrigaSIM.

II. Produzir séries temporais de dados referentes aos fluxos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O), calor sensível, calor latente e demais variáveis micrometeorológicas necessárias à estimativa da evapotranspiração, ao balanço de energia e à caracterização das interações entre a superfície agrícola e a atmosfera.

III. Disponibilizar dados observacionais para calibração e validação de modelos hidrológicos, agrometeorológicos e ambientais, bem como para estudos relacionados ao ciclo do carbono e ao balanço hídrico em sistemas agrícolas.



IV. Disponibilizar dados para o desenvolvimento, treinamento e validação de modelos e algoritmos de inteligência artificial destinados ao monitoramento, planejamento e manejo da irrigação no âmbito do Projeto IrrigaSIM.

V. Subsidiar a estimativa e a espacialização da evapotranspiração das culturas agrícolas monitoradas, contribuindo para o planejamento e o dimensionamento de sistemas de irrigação e para o manejo mais eficiente dos recursos hídricos.

VI. Assegurar a operação integrada da infraestrutura, contemplando aquisição, armazenamento, processamento, transmissão e gerenciamento contínuo dos dados produzidos.

VII. Disponibilizar uma infraestrutura operacional destinada ao desenvolvimento das atividades de pesquisa previstas no Projeto IrrigaSIM, permitindo a geração contínua de dados científicos para suporte às pesquisas e às ações de desenvolvimento tecnológico.

Como resultado esperado, a contratação proporcionará uma infraestrutura integrada e operacional, apta a gerar dados micrometeorológicos contínuos para apoiar as atividades previstas no Projeto IrrigaSIM, incluindo a calibração e validação de modelos, a estimativa e espacialização da evapotranspiração, o desenvolvimento de algoritmos de inteligência artificial aplicados à gestão da irrigação e a produção de informações técnicas para subsidiar o uso sustentável dos recursos hídricos na agricultura.

12. IMPACTOS AMBIENTAIS:

A contratação possui potencial de contribuição à sustentabilidade ambiental, uma vez que a infraestrutura a ser adquirida será utilizada no monitoramento contínuo de variáveis micrometeorológicas e dos fluxos de dióxido de carbono (CO_2), vapor d'água (H_2O) e energia entre os sistemas agrícolas e a atmosfera, fornecendo dados para pesquisas voltadas à gestão da irrigação, ao monitoramento ambiental e ao uso eficiente dos recursos hídricos.

Os impactos ambientais decorrentes da implantação da infraestrutura são de baixa magnitude, restringindo-se, principalmente, à instalação das torres de monitoramento, ao consumo de energia elétrica durante a operação dos equipamentos e à geração de resíduos eletroeletrônicos ao término de sua vida útil.

Para mitigar esses impactos, a CONTRATADA deverá fornecer equipamentos em conformidade com as normas técnicas aplicáveis, que possibilitem manutenção e substituição de componentes, contribuindo para o prolongamento de sua vida útil. Os resíduos eletroeletrônicos eventualmente gerados ao final da vida útil dos equipamentos deverão receber destinação ambientalmente adequada, conforme a legislação vigente.

13. CONTRATAÇÕES CORRELATAS E/OU INTERDEPENDENTES:

Existem contratações correlatas e/ou interdependentes para a viabilidade da demanda?

☒ Não.

☐ Sim. < citar o número do processo e a justificativa da interdependência. >

14. DECLARAÇÃO DE VIABILIDADE DA CONTRATAÇÃO:

O presente estudo técnico preliminar evidencia que a contratação descrita no item "ESCOLHA DA SOLUÇÃO MAIS ADEQUADA" se mostra tecnicamente viável e fundamentadamente necessária. Diante do exposto, **DECLARO SER VIÁVEL** a contratação pretendida.

Curitiba, 27 de julho de 2026.

José Eduardo Gonçalves

Gerência de Hidrologia