

ACORDO DE PARCERIA 27192.02.02/2021.01.00 PARA PESQUISA, DESENVOLVIMENTO E INOVAÇÃO - PD&I QUE ENTRE SI CELEBRAM AS PARTES INDICADAS NO PREÂMBULO DESTE INSTRUMENTO.

A **FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA - FUNDEP**, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 18.720.938/0001-41, com sede na Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha, Belo Horizonte/MG, CEP: 30161-970, neste ato representada por seu Presidente, Prof. Jaime Arturo Ramírez, e-mail presidencia@fundep.com.br doravante denominada **COORDENADORA**;

A **UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**, pessoa jurídica de direito público, autarquia especial integrante da Administração Indireta da União, vinculada ao Ministério da Educação, criada pela Lei nº 8.956, de 15 de dezembro de 1994, sediada à Campus Universitário, Lavras, MG, 37200-900, inscrita no CNPJ sob o nº 22.078.679/0001-74, neste ato representada por seu Vice-Reitor Valter Carvalho de Andrade Júnior, CPF [REDACTED] e-mail valter.andrade@ufla.br, doravante denominada simplesmente **ICT PROPONENTE**

A **MWF MECHATRONICS LTDA.** pessoa jurídica de direito privado, inscrita no CNPJ/MF sob o nº 36.970.653/0001-40, com sede na Av. Presidente Kennedy, 67, Campos dos Goytacazes, RJ 28020-010, neste ato representado por seu representante legal, Marcelo Carvalho Leite, CPF [REDACTED] e-mail marcelo@mwf-services.com, doravante denominada **EMPRESA**;

A **FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E CULTURAL**, interveniente administrativo e financeiro, sediada à Campus da UFLA, Lavras, MG, 37200-900, inscrita no CNPJ sob o nº 07.905.127/0001-07, neste ato representada por seu Presidente Antônio Carlos Cunha Lacreta Júnior, CPF nº [REDACTED] e-mail fundecc@fundecc.org.br, doravante denominada simplesmente **FUNDAÇÃO DE APOIO**;

ICT PROPONENTE, ICT ASSOCIADA e EMPRESA conjuntamente denominados **PARCEIROS**, resolvem celebrar o presente Acordo de Parceria para Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação - PD&I (doravante denominado **ACORDO DE PARCERIA**), com a **COORDENADORA**, em conformidade com as normas legais vigentes no Marco Legal de Ciência, Tecnologia e Inovação (Emenda Constitucional nº 85/15, Lei nº 10.973/2004, Lei nº 13.243/2016 e Decreto nº 9.283/2018), no âmbito do Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, que deverá ser executado com estrita observância das seguintes cláusulas e condições:

CONSIDERANDO:

- I- Que o Governo Federal, nos termos do Decreto nº 9.557/18, instituiu o Programa Rota 2030 – Mobilidade e Logística, doravante denominado **PROGRAMA**, cujo objetivo é apoiar e promover o desenvolvimento tecnológico, a competitividade, a inovação, a segurança veicular, a proteção ao meio ambiente, a eficiência energética e a qualidade de automóveis, caminhões, ônibus, chassis com motor e autopeças;
- II- Que a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa - FUNDEP foi credenciada pelo Ministério da Economia, Indústria, Comércio Exterior e Serviços – MDIC como instituição coordenadora, nos termos da portaria nº 86, de 12 de março de 2019, com a finalidade de coordenar o “programa prioritário: Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão;

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Un. Adm. II – Campus UFMG
Belo Horizonte, MG – Brasil Caixa postal 856 – 30161-970
Telefone: (31) 3409-4200 | www.fundep.ufmg.br

- III- Que, a Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa - FUNDEP e o Comitê Técnico desse **PROGRAMA** divulgaram a oportunidade de pesquisa colaborativa aos pesquisadores vinculados a Instituições Científicas e/ou Tecnológicas (ICTs) públicas ou privadas, sem fins lucrativos, localizadas no território nacional, interessados em submeter propostas que visem o desenvolvimento de tecnologias no âmbito do programa prioritário: Biocombustíveis, Segurança Veicular e Propulsão Alternativa à Combustão.
- IV- Que a **ICT PROPONENTE**, em parceria com a(s) **ICT(S) ASSOCIADA(S)** e também com as **EMPRESAS**, apresentaram proposta para o Eixo II - Condução segura e eficiente de veículo, tendo o projeto sido selecionado por meio de Chamada Pública nº 02.02/2021, conforme resultado divulgado pela **COORDENADORA** em 14/09/2021;

Resolvem as **PARTES** celebrarem o presente **ACORDO DE PARCERIA** de modo a demonstrar seu comprometimento quanto ao prosseguimento ao projeto outrora selecionado, nos seguintes termos e condições:

CLÁUSULA PRIMEIRA - DO OBJETO

1.1 O presente **ACORDO DE PARCERIA** tem por objeto o desenvolvimento do projeto intitulado **Sistema de posicionamento por ponto preciso em tempo real com integração ins/gnss para veículos agrícolas conectados**, doravante denominado **PROJETO**, conforme anexos que passam a fazer parte deste instrumento, em conformidade com o disposto na Chamada Pública nº 2/2021, Manual de Operação da FUNDEP, e ainda:

- a) Anexo I: Plano de Trabalho;
- b) Anexo II: Planilha de Equipe, Cronograma e Orçamento e Cronograma de Desembolso;

1.2 Os **PARCEIROS** se comprometem e responsabilizam pela realização e desenvolvimento do **PROJETO**, sem prejuízo dos demais diplomas que lhe aplique direta ou indiretamente ao presente **ACORDO DE PARCERIA**, as normas técnicas específicas em vigor, a saber:

- a) Disposições relativas ao **PROGRAMA**, notadamente os preceitos da Lei nº 13.755, de 10 de dezembro de 2018, do Decreto nº 9.557, de 8 de novembro de 2018, da Portaria ME nº 86, de 12 de março de 2019, e demais atos normativos a ele pertinentes; e
- b) Os recursos indicados na Cláusula Quarta deste instrumento devem ser executados observando o disposto Decreto nº 8.241, de 21 de maio de 2014.

CLÁUSULA SEGUNDA – DO PLANO DE TRABALHO

2.1 O Plano de Trabalho define os objetivos a serem atingidos com o presente **ACORDO DE PARCERIA**, apresenta o planejamento dos trabalhos que serão desenvolvidos, detalha as atividades e as atribuições de cada um dos **PARCEIROS**, a alocação de recursos humanos, materiais e financeiros, bem como o cronograma físico-financeiro do **PROJETO**, a fim de possibilitar a fiel consecução do objeto desta parceria, estabelecendo objetivos, metas e resultados.

2.2 Respeitadas as previsões contidas na legislação em vigor, a **ICT PROPONENTE**, com a interveniência de **FUNDAÇÃO DE APOIO**, e os demais **PARCEIROS** fomentarão/executarão as atividades de pesquisa e desenvolvimento, conforme o Plano de Trabalho, sob as condições aqui acordadas, sendo ele parte integrante e indissociável deste **ACORDO DE PARCERIA**.

2.3 Na execução do Plano de Trabalho, as **ICTs PROPONENTE** e **ASSOCIADAS** devem indicar o Coordenador Geral e, se houver, o(s) Coordenador(es) Associado(s) do **PROJETO**, conforme previsto na respectiva Chamada. Eles serão responsáveis pela supervisão e pela gerência das atividades correspondentes ao Plano de Trabalho, considerando ainda ser o Coordenador Geral responsável pelas sub entregas e entrega global do **PROJETO**, conforme definido no Plano de Trabalho.

2.4 Recaem sobre os Coordenadores do **PROJETO** - Geral e Associado(s), a responsabilidade técnica e de articulação, devendo responder aos questionamentos realizados pela **COORDENADORA** referentes à execução do **PROJETO** sob sua responsabilidade.

2.5 Situações capazes de afetar sensivelmente as especificações ou os resultados esperados para o Plano de Trabalho deverão ser formalmente comunicadas pelos Coordenadores do **PROJETO** aos **PARCEIROS**, aos quais competirá avaliá-las e tomar as providências cabíveis.

2.6 A impossibilidade técnica e científica quanto ao cumprimento de qualquer fase do Plano de Trabalho que seja devidamente comprovada e justificada acarretará a suspensão de suas respectivas atividades até que haja acordo entre os **PARCEIROS** quanto à alteração, à adequação ou ao término do Plano de Trabalho e à consequente extinção deste **ACORDO DE PARCERIA**, bem como a devolução integral dos recursos disponibilizados pela **COORDENADORA** com as devidas correções.

CLÁUSULA TERCEIRA - DAS OBRIGAÇÕES E RESPONSABILIDADES

3.1. São responsabilidades e obrigações, além dos outros compromissos assumidos neste **ACORDO DE PARCERIA**:

3.1.1. Da COORDENADORA:

- a) Transferir os recursos financeiros, conforme estabelecido no Cronograma de Liberação contido no Anexo II;
- b) Analisar e emitir parecer sobre os aspectos técnicos, junto à Coordenação Técnica do **PROGRAMA** ou Comitê Técnico; e financeiros das prestações de contas apresentadas, decidindo sobre a regularidade ou não da aplicação dos recursos transferidos, podendo para tanto, submeter essa apreciação a uma auditoria independente; e
- c) Acompanhar a execução do **PROJETO**, de acordo com as políticas operacionais e normas internas da FUNDEP, estabelecidas no Manual de Operações e legislação aplicável.
- d) Deliberar a respeito de alterações que forem solicitadas no Plano de Trabalho pela **ICT PROPONENTE** ou por **ICTs ASSOCIADAS**. Quando de cunho técnico o parecer a respeito de tais mudanças obedecerá a governança do **PROGRAMA** e será emitido pelo Comitê Técnico ou Coordenação Técnica e apresentado pela **COORDENADORA**.

3.1.2. Das ICT PROPONENTE E NÃO TEM ICT ASSOCIADA:

- a) Fazer uso dos recursos previstos na planilha orçamentaria destinados à execução do **PROJETO** por parte da **ICT's PROPONENTE E NÃO TEM ICT ASSOCIADA**, com interveniência da **FUNDAÇÃO DE APOIO**, exclusivamente nas atividades relacionadas à consecução do objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- b) Manter rigoroso controle das despesas efetuadas e dos respectivos comprovantes com vistas à prestação de contas da execução do objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**;

- c) Executar as atividades de sua responsabilidade, previstas no Plano de Trabalho, de modo diligente e eficiente, com rigorosa observância dos padrões tecnológicos vigentes e prazos fixados;
- d) Prestar aos **PARCEIROS** e à **COORDENADORA** esclarecimentos e informações sobre os recursos recebidos e a respectiva situação de execução do **PROJETO**, nos termos deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- e) Monitorar, avaliar e prestar contas nos termos deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- f) Assegurar o acesso das pessoas indicadas pelos demais **PARCEIROS** e pela **COORDENADORA**, quando necessário, aos locais necessários à execução das atividades relativas ao **PROJETO**, desde que previamente agendado;
- g) Fornecer sempre que solicitado, as informações técnicas de seu conhecimento, incluindo catálogos técnicos e demais elementos necessários à execução do **PROJETO**;
- h) Cumprir integralmente o **PROJETO** com qualidade, diligência e respeito;
- i) Prover a infraestrutura necessária para a execução do **PROJETO**;
- j) Zelar pela reputação dos **PARCEIROS** e da **COORDENADORA**;
- k) Envidar todos os esforços e se responsabilizar pelas ações necessárias para o cumprimento dos procedimentos;
- l) Informar à **FUNDAÇÃO DE APOIO** e à **COORDENADORA**, por escrito, quando ocorrer interrupção temporária no atendimento por qualquer motivo, com a devida antecedência e esclarecendo o período previsto;
- m) Comunicar, por escrito, à **FUNDAÇÃO DE APOIO** e à **COORDENADORA** eventuais mudanças de dados cadastrais (endereço comercial, telefone, dados bancários, dentre outros);
- n) Ser responsável técnica e operacional pelas atividades descritas no presente instrumento e Anexos, de forma a permitir a consecução do seu objeto;
- o) Prestar contas do andamento do cronograma de atividades descritos nos termos deste instrumento e Anexos, em conformidade com o disposto no Manual de Operação;
- p) Remeter, dentro de 30 (trinta) dias, contados das respectivas alterações, as informações relativas à mudança de seus atos constitutivos e de designação de novos representantes legais;
- q) Assegurar o acesso das pessoas indicadas pelos demais **PARCEIROS**, quando previsto no plano de trabalho, aos locais necessários à execução das atividades relativas ao **PROJETO**, desde que previamente agendado;
- r) Assegurar o acesso das pessoas indicadas pela **COORDENADORA** aos locais necessários à avaliação/acompanhamento das atividades relativas ao **PROJETO**, desde que previamente agendado;

3.1.4. DA EMPRESA:

- a) Transferir, quando previsto contrapartida financeira na Planilha Orçamentária, os recursos financeiros acordados, segundo o Cronograma de Desembolso constante no Plano de Trabalho, por meio do aporte de recursos financeiros de sua responsabilidade.
- b) Colaborar, nos termos do Plano de Trabalho e no limite das suas contrapartidas, para que o **ACORDO DE PARCERIA** alcance os objetivos nele descritos;
- c) Apresentar comprovação/prestação de contas das contrapartidas econômicas, e financeiras quando houver, de sua responsabilidade previstas na Planilha Orçamentária;
- d) Notificar aos **PARCEIROS** e à **COORDENADORA**, por escrito, quando do acontecimento de qualquer fato extraordinário ou quaisquer não observâncias, as condições para boa e integral execução das atividades descritas neste **ACORDO DE PARCERIA**;
- e) Fornecer todos os dados, informações e documentação necessários ao desenvolvimento das atividades relacionadas à consecução do objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- f) Assegurar o acesso das pessoas indicadas pelos **PARCEIROS**, aos locais necessários à execução das atividades relativas ao **PROJETO**, desde que esteja previsto no Plano de Trabalho e seja previamente agendado;

- g) Assegurar o acesso das pessoas indicadas pela **COORDENADORA** aos locais necessários à avaliação/acompanhamento das atividades relativas ao **PROJETO**, desde que esteja previsto no Plano de Trabalho e seja previamente agendado;
- h) Remeter, dentro de 30 (trinta) dias, contados das respectivas alterações, as informações relativas à mudança de seus atos constitutivos e de designação de novos representantes legais;
- i) Notificar, por escrito, a **ICT PROPONENTE**, à **FUNDAÇÃO DE APOIO** e à **COORDENADORA** sobre qualquer tipo de alteração nas normas internas, técnicas ou administrativas, que possam ter reflexo no relacionamento entre os **PARCEIROS**, com a devida antecedência;
- j) Fornecer, tempestivamente e com precisão, todas as informações e dados solicitados pela **FUNDAÇÃO DE APOIO** e / ou **ICTs PROPONENTE** e **NÃO TEM ICT ASSOCIADA** necessárias à prestações de conta referentes às contrapartidas previstas neste **ACORDO DE PARCERIA**;
- k) Fornecer todo e qualquer tipo de apoio que se fizer necessário para a realização das atividades, desde que constantes e acordados nos documentos que compõem este **ACORDO DE PARCERIA**;
- l) Envidar esforços no sentido de manter uma relação estável, assente em regras claras de funcionamento com a **FUNDAÇÃO DE APOIO**, a **ICT PROPONENTE** e a **COORDENADORA**;
- m) Dar rápido andamento às providências a seu cargo; e
- n) Acompanhar, supervisionar e orientar as ações relativas à execução deste **PROJETO**.

3.1.6 DA FUNDAÇÃO DE APOIO:

- a) Aplicar os recursos repassados exclusivamente nas atividades relacionadas à consecução do objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- b) Prestar informações sobre os recursos recebidos e a respectiva situação de execução do **PROJETO**, nos termos deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- c) Executar a gestão administrativa e financeira dos recursos transferidos para a execução do objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**, em conta específica;
- d) Informar previamente à **COORDENADORA** os dados bancários e cadastrais necessários à realização dos aportes financeiros, cuidando para que a conta corrente à qual serão destinados os recursos seja específica para o **PROJETO**, aberta em uma Instituição Financeira Oficial e que o recurso seja executado em conformidade com este **ACORDO DE PARCERIA**;
- e) Restituir à **COORDENADORA** os saldos financeiros remanescentes, pertinentes ao seu respectivo aporte, inclusive os provenientes das receitas obtidas nas aplicações financeiras realizadas, não utilizadas no objeto pactuado, no prazo máximo de 30 dias contados da data do término da vigência ou da denúncia deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- f) Responsabilizar-se pelo recolhimento de impostos, taxas, contribuições e outros encargos porventura devidos em decorrência das atividades vinculadas a este **ACORDO DE PARCERIA**;
- g) Manter, durante toda a execução do **ACORDO DE PARCERIA**, todas as condições de habilitação e de qualificação exigidas para a sua celebração, responsabilizando-se pela boa e integral execução das atividades ora descritas;
- h) Nas compras de bens e nas contratações de serviços, aplicar as regras do Decreto nº 8.241/2014;
- i) Observar os princípios da legalidade, eficiência, moralidade, publicidade, economicidade, legalidade e impessoalidade, nas aquisições e contratações realizadas, bem como no desenvolvimento de todas as suas ações no âmbito deste **ACORDO DE PARCERIA**;
- j) Manter registros contábeis, fiscais e financeiros completos e fidedignos relativamente à aplicação dos aportes recebidos da **COORDENADORA** e das contrapartidas financeiras, caso haja, por este **ACORDO DE PARCERIA**, fazendo-o em estrita observância às

normas tributário-fiscais em vigor e, especialmente, à legislação que instituiu contrapartidas em atividades de PD&I para a concessão de incentivos ou de benefícios dos quais os **PARCEIROS** sejam ou se tornem beneficiárias;

- k) Manter, com os recursos do **PROJETO** e sob sua coordenação direta, pessoal de pesquisa e desenvolvimento, através de contratação pela CLT, autônomos, bolsa ou estágio de pesquisa e desenvolvimento, disponível para a execução das atividades relativas a este **ACORDO DE PARCERIA** e ao Plano de Trabalho, em número e com conhecimento técnico-acadêmico suficientes;
- l) Providenciar a remuneração dos colaboradores, conforme previsto em orçamento específico aprovado, em conformidade, ainda, com o art. 4º da Lei nº 8.958/1994;
- m) Cumprir todas as normas pertencentes ao ordenamento jurídico brasileiro, em especial as trabalhistas, previdenciárias e tributárias derivadas da relação existente entre si e seus empregados e/ou contratados, durante a execução do **PROJETO**, objeto do Plano de Trabalho. De forma que não se estabelecerá, em hipótese alguma, vínculo empregatício entre esses empregados, funcionários, servidores ou contratados das **FUNDAÇÃO DE APOIO** e das **ICTs**, **EMPRESAS**, e da **COORDENADORA** cabendo às **FUNDAÇÃO DE APOIO** a responsabilidade exclusiva pelos salários e todos os ônus trabalhistas e previdenciários, bem como pelas reclamações trabalhistas ajuizadas, e por quaisquer autos de infração, e ainda, fiscalização do Ministério do Trabalho e da Previdência Social a que der causa, com relação a toda a mão de obra por ela contratada em decorrência do presente **ACORDO DE PARCERIA**.
- n) Para fins de Prestação de Contas, todos os documentos fiscais comprobatórios de despesas devem ser emitidos em nome das **FUNDAÇÃO DE APOIO** das **ICTs ASSOCIADAS** correspondente(s), se houverem.

3.2 Os Coordenadores do **PROJETO** (Geral e Associado) poderão ser substituídos em conformidade com o disposto na Chamada.

3.3 Os **PARCEIROS** e a **COORDENADORA**, em comum acordo, submetem-se ao cumprimento dos deveres e obrigações referentes à proteção de dados pessoais e se obrigam a tratar os dados pessoais coletados no âmbito do presente **ACORDO DE PARCERIA**, se houver, de acordo com a legislação vigente aplicável, incluindo, mas não se limitando à Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 e Decreto nº 8.771, de 11 de maio de 2016 (“Marco Civil da Internet”), Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018 (“Lei Geral de Proteção de Dados”), no que couber e conforme aplicável. As **PARTES** deverão também garantir que seus empregados, colaboradores e subcontratados observem os dispositivos dos diplomas legais em referência relacionados à proteção de dados, incluindo, mas não se limitando, à LGPD.

CLÁUSULA QUARTA - DOS RECURSOS (APORTES, CONTRAPARTIDAS FINANCEIRAS E ECONÔMICAS)

4.1 O valor total desse Acordo é **R\$ 1.084.262,84** (um milhão, oitenta e quatro mil, duzentos e sessenta e dois reais e oitenta e quatro centavos), sendo:

- a) **R\$ 810.590,00** (oitocentos e dez mil, quinhentos e noventa reais) referente ao aporte financeiro a ser realizado pela **COORDENADORA** para a **FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E CULTURAL** designada como **FUNDAÇÃO DE APOIO**;
- b) **R\$ 94.216,84** (noventa e quatro mil, duzentos e dezesseis reais e oitenta e quatro centavos) referente a contrapartida econômica a ser aportada pela **UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**;

- c) **R\$ 152.456,00** (cento e cinquenta e dois mil, quatrocentos e cinquenta e seis reais) referente a contrapartida econômica a ser aportada pela **MWF MECHATRONICS LTDA**;
- d) **R\$ 27.000,00** (vinte e sete mil reais) referente a contrapartida financeira a ser aportada pela **MWF MECHATRONICS LTDA**.

4.2 Os aportes e contrapartidas (financeiras e econômicas) indicados nesta Cláusula, serão distribuídos conforme cronograma de desembolso anexo neste **ACORDO DE PARCERIA**, condicionado à aprovação das prestações de contas parciais técnicas e financeiras.

4.3 Qualquer aumento ao orçamento previsto no Plano de Trabalho executado por este **ACORDO DE PARCERIA**, que torne necessário o aporte de recursos adicionais da **COORDENADORA** deverá ser prévia e formalmente analisado e aprovado por esta, devendo ser implementado tão somente após celebração de termo aditivo a este instrumento. Caso a alteração do orçamento conte com recursos dos **PARCEIROS** os mesmos devem aprovar a implementação para então providenciar a celebração de termo aditivo a este **ACORDO DE PARCERIA**.

4.4 Observadas as demais disposições previstas neste **ACORDO DE PARCERIA**, os **PARCEIROS** acordam, desde já, que os valores mencionados na Planilha Orçamentária são estimados com base nas premissas e termos especificados no mencionado Anexo.

4.5 Do valor repassado a título de contrapartida financeira, as **FUNDAÇÃO DE APOIO** poderão utilizar até 10% (dez por cento) para custear despesas operacionais e administrativas, conforme disposto no Anexo II deste **ACORDO DE PARCERIA**.

4.6 Os valores dos recursos financeiros previstos nesta cláusula poderão ser alterados por meio de termo aditivo, com as necessárias justificativas e de comum acordo entre os **PARCEIROS**, o que implicará a revisão das metas pactuadas e a alteração do Plano de Trabalho.

4.7 A transposição, o remanejamento ou a transferência de recursos de categoria de programação para outra poderão ocorrer com o objetivo de conferir eficácia e eficiência às atividades de ciência, tecnologia e inovação.

4.7.1 No âmbito do **PROJETO**, o Coordenador Geral indicará a necessidade de alteração das categorias de programação e a distribuição entre grupos de natureza de despesa em referência ao projeto aprovado originalmente.

4.7.2 Por ocasião da ocorrência de quaisquer das ações previstas no item anterior, a(s) **ICT(s)** poderá(ão) alterar a distribuição inicialmente acordada, promover modificações internas ao seu orçamento, alterar rubricas ou itens de despesas, desde que não modifique o valor total do **PROJETO**.

4.8 São dispensáveis de formalização por meio de Termo Aditivo as alterações previstas que importem em transposição, remanejamento ou transferência de recursos de categoria de programação para outra, com o objetivo de conferir eficácia e eficiência às atividades previstas no Plano de Trabalho, desde que não haja alteração do valor total do **PROJETO**.

4.8.1 As alterações na distribuição entre grupos de natureza de despesa e alterações de rubricas ou itens de despesas, necessárias para efetiva execução do **PROJETO**, hipótese em que o Coordenador do **PROJETO** comunicará a alteração à **FUNDAÇÃO DE APOIO**, devendo constar as razões que ensejaram as alterações, indicando a necessidade de alteração das categorias de programação, as dotações orçamentárias e a distribuição entre grupos de natureza de despesa em referência ao **PROJETO** de pesquisa aprovado originalmente.

4.9 Os saldos residuais das contrapartidas financeiras, caso ocorram, serão devolvidos à parte que realizar o aporte, desde que o valor total gasto seja, no mínimo, igualmente proporcional ao valor do aporte realizado pela **COORDENADORA**. Do contrário, deverá ser transferido para a **COORDENADORA** o recurso remanescente de contrapartida financeira até que seja atingida a proporcionalidade de execução.

Parágrafo único: as alterações previstas nos itens 4.7 e 4.8 devem ser comunicadas e previamente aprovadas pela **COORDENADORA**.

4.10 Os **PARCEIROS** avençam que o valor estabelecido no item 4.1 “a” é fixo e irredutível, nele estando incluídos todos os impostos, taxas, custos e despesas diretas e indiretas.

4.11 Fica avençado entre os **PARCEIROS** que, em havendo qualquer divergência, atraso ou inexistência de aportes (financeiros, caso existam, e/ou econômicos), a **COORDENADORA** reserva-se o direito de suspender a liberação dos recursos descritos no item 4.1 “a”, somente assim voltando a fazer caso seja normalizada a situação.

4.12 Eventuais ganhos financeiros com aplicação poderão ser revertidos para garantir a integral execução do objeto desta Parceria.

CLÁUSULA QUINTA - DO PESSOAL

5.1 Cada **PARCEIRO** se responsabiliza, individualmente, pelo cumprimento das obrigações trabalhistas, previdenciárias, fundiárias e tributárias derivadas da relação existente entre si e seus empregados, servidores, administradores, prepostos e/ou contratados, que colaborarem na execução do objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**, de forma que não se estabelecerá, em hipótese alguma, vínculo empregatício ou de qualquer outra natureza com a **COORDENADORA**, **EMPRESA**, o pessoal das **ICTs** e **FUNDAÇÃO DE APOIO** e vice-versa, cabendo a cada **PARCEIRO** a responsabilidade pela condução, coordenação e remuneração de seu pessoal, e por administrar e arquivar toda a documentação comprobatória da regularidade na contratação.

CLÁUSULA SEXTA - DA PROPRIEDADE INTELECTUAL E DA CRIAÇÃO PROTEGIDA

6.1. Todos os dados, técnicas, tecnologia, know-how, marcas, patentes e quaisquer outros bens ou direitos de propriedade intelectual/industrial de um **PARCEIRO** que este venha a utilizar para execução do Projeto continuarão a ser de sua propriedade exclusiva, não podendo o outro **PARCEIRO** cedê-los, transferi-los, aliená-los, divulgá-los ou empregá-los em quaisquer outros projetos ou sob qualquer outra forma sem o prévio consentimento escrito do seu proprietário.

6.2. Todo desenvolvimento tecnológico passível de proteção intelectual, em qualquer modalidade, proveniente da execução do presente Acordo de Parceria, deverá ter a sua propriedade destinada exclusivamente à(s) **ICT(s)** ou compartilhada entre a(s) **EMPRESA(s)** e **ICT(s)**, conforme decidido entre as partes em instrumento jurídico próprio;

6.3. Um **PARCEIRO** se compromete a comunicar ao outro a ocorrência de quaisquer resultados passíveis de proteção intelectual e a manter o sigilo necessário para a proteção de tais resultados.

6.4. As decisões relacionadas à preparação, processamento e manutenção da propriedade intelectual resultantes deste Acordo, no Brasil e em outros países, devem ser tomadas em conjunto pelos **PARCEIROS**.

6.5. Os **PARCEIROS** devem assegurar, na medida de suas respectivas responsabilidades, que os projetos propostos e que a alocação dos recursos tecnológicos correspondentes não infrinja direitos autorais, patentes ou outros direitos intelectuais, assim como direitos de terceiros.

6.6. Na hipótese de eventual infração de qualquer direito de propriedade intelectual relacionada às propriedades intelectuais porventura resultantes do Projeto, os **PARCEIROS** concordam que as medidas judiciais cabíveis visando coibir a infração do respectivo direito podem ser adotadas em conjunto ou separadamente.

6.7. A(s) **ICT(s)** e a(s) **EMPRESA(s)** deverão decidir conjuntamente sobre as estratégias de proteção e colaborar para a efetivação da proteção do desenvolvimento tecnológico passível de proteção intelectual obtido da execução do presente Acordo, através do fornecimento de todos os dados necessários, bem como através da assinatura por si e por seus empregados, agentes, técnicos e pesquisadores de quaisquer documentos que se fizerem necessários, tais como procurações, autorizações, declarações, formulários, etc.

6.8. A **ICT PROPONENTE** ficará responsável por realizar o procedimento administrativo para proteção do desenvolvimento tecnológico junto ao Órgão competente no Brasil e em outros países e comunicará formalmente ao(s) outro(s) **PARCEIRO(s)** sobre a tramitação de todos os procedimentos levados a efeito para a proteção dos direitos de Propriedade Intelectual, resultantes do desenvolvimento do Projeto.

6.8.1. A **ICT PROPONENTE** poderá outorgar poderes à um terceiro qualificado para praticar todo e qualquer ato necessário para o depósito, acompanhamento e manutenção da propriedade intelectual resultantes do presente instrumento, no Brasil e em outros países.

6.9. A disponibilização de informações e dados técnicos para execução do Projeto não implica cessão ou licença de propriedade de um **PARCEIRO** a outro, ou sua livre exploração comercial.

6.10. A **FUNDAÇÃO DE APOIO** não terá direitos sobre os resultados obtidos, passíveis ou não de proteção legal, quando figurar somente como **FUNDAÇÃO DE APOIO** gestora dos recursos.

CLÁUSULA SÉTIMA – DO USO E DA EXPLORAÇÃO DA PROPRIEDADE INTELECTUAL

7.1 Os **PARCEIROS** definirão conjuntamente e em instrumento jurídico específico as condições para exploração comercial do desenvolvimento tecnológico passível de proteção intelectual porventura obtida no desenvolvimento do Projeto, inclusive na hipótese de licenciamento a terceiros. O Instrumento deverá ser celebrado no prazo máximo de 6 (seis) meses a contar da assinatura do Acordo de Parceria. O instrumento deverá ser submetido à apreciação da **COORDENADORA** com a finalidade de verificar se os objetivos do Programa ROTA 2030 estão sendo observados.

7.2 Fica desde já assegurado que a(s) **EMPRESA(s)** terá(ão) o direito de preferência ao licenciamento exclusivo de eventual desenvolvimento tecnológico passível de proteção intelectual, desde que cumpridas as cláusulas e condições do presente Acordo e conforme condições estabelecidas no instrumento jurídico próprio a ser celebrado entre as **EMPRESAS** e **ICT**.

7.2.1 Para que a(s) **EMPRESA(s)** possa(m) exercer o direito de preferência no item 7.2, deverá manifestar-se formalmente à **ICT PRONENTE** em até 90 (noventa) dias e demais empresas cotitulares, contados da data de encerramento do **ACORDO DE PARCERIA**. A **ICT PROPONENTE** deverá conduzir a negociação de licenciamento para os demais **PARCEIROS**.

7.2.2 Caso a(s) **EMPRESAS(s)** manifeste(m) o interesse de exercer o direito de preferência no licenciamento exclusivo conforme item 7.2, terá(ão) o prazo para explorar comercialmente a propriedade intelectual licenciada será por até 36 (trinta e seis) meses, a partir da assinatura de instrumento jurídico que formalize o licenciamento. Caso nenhum **PARCEIRO** se manifeste e/ou findo o prazo de 36 (trinta e seis) meses, a **ICT PROPONENTE**, poderá licenciar a outras instituições, independente da aprovação da **EMPRESA**. Este prazo poderá ser revisto em casos imprevistos que impeçam a exploração comercial mediante justificativa e aprovação da **ICT**.

7.2.3 Caso a(s) **EMPRESA(s)** não demonstrem interesse em explorar os resultados da propriedade intelectual em até 90 (noventa) dias a partir da data final do projeto, os direitos de propriedade intelectual serão integralmente da(s) **ICT(s)**, que poderá licenciá-los a outras instituições, independente de aprovação das empresas;

7.3 Caso a(s) **EMPRESA(s)** opte por licenciar o desenvolvimento tecnológico passível de proteção intelectual resultante do desenvolvimento do presente Acordo com exclusividade ficam estabelecidos os seguintes parâmetros:

7.3.1 A forma adequada de remuneração à(s) **ICT(s)** e **EMPRESA(s)** cotitulares não licenciadas sobre a receita líquida auferida com a comercialização de produtos e/ou serviços gerados a partir da propriedade intelectual será tratada em instrumento jurídico específico, Considera-se como “receita líquida”, o valor bruto auferido com a exploração comercial da propriedade intelectual deduzidos os tributos incidentes sobre a operação de venda, os valores relativos às vendas canceladas, devidamente comprovadas.

7.3.2 A definição dos percentuais exatos dispostos no item 7.3.1 deverão ser acordados no momento da negociação entre os **PARCEIROS** cotitulares e os parceiros que queiram obter o licenciamento, em instrumento jurídico específico disposto no item 7.1 supra.

7.4 Caso a(s) **EMPRESA(S)** não manifeste interesse em obter licenciamento da proteção intelectual porventura resultante do desenvolvimento do presente Projeto, a(s) **ICT(s)** poderá(ao) licenciar os direitos a terceiros, por meio de instrumento jurídico próprio.

7.4.1 Os valores de remuneração deverão ser acordados caso a caso, à época da negociação do instrumento jurídico com as instituições interessadas, devendo as condições de exploração serem definidas em instrumento jurídico próprio.

7.5. Caso a(s) **EMPRESA(s)** tenham interesse em usar em suas próprias atividades a proteção intelectual porventura gerada no âmbito do presente Acordo, deverá comunicar formalmente à(s) **ICT(s)** e demais cotitulares.

7.5.1 A(s) **EMPRESA(s)** cotitular interessada no uso, deverá pagar à(s) **ICT(s)** e demais empresas cotitulares, Prêmio que será um percentual que incidirá sobre o

valor aportado pelas empresas no projeto, a ser estabelecido futuramente em instrumento específico, desde acordado pelas partes, sem qualquer remuneração adicional, nos termos do instrumento específico que vier a ser celebrado, em que se estipule esta condição. O Prêmio será pago mediante condições estabelecidas à época da comunicação de interesse no uso da propriedade intelectual.

CLÁUSULA OITAVA - DA DIVULGAÇÃO E DAS PUBLICAÇÕES

8.1 Os **PARCEIROS** concordam em não utilizar o nome do outro **PARCEIRO** ou de seus empregados em qualquer propaganda, informação à imprensa ou publicidade relativa ao **ACORDO DE PARCERIA** ou a qualquer produto ou serviço decorrente deste, sem a prévia aprovação por escrito do **PARCEIRO** referido.

8.2 Fica vedado aos **PARCEIROS** utilizar, no âmbito deste **ACORDO DE PARCERIA**, nomes, símbolos e imagens que caracterizem promoção pessoal de autoridades ou servidores públicos.

8.3 Os **PARCEIROS** não poderão utilizar o nome, logomarca ou símbolo um do outro em promoções e atividades afins alheias ao objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**, sem prévia autorização do respectivo **PARCEIRO** sob pena de responsabilidade civil em decorrência do uso indevido do seu nome e da imagem.

8.4 As publicações, materiais de divulgação e resultados materiais, relacionados com os recursos do presente **ACORDO DE PARCERIA**, deverão mencionar expressamente o apoio recebido dos **PARCEIROS** e o apoio financeiro da **COORDENADORA** e do Programa Rota 2030 - Mobilidade e Logística, especialmente em seminários e eventos científicos e tecnológicos e publicações técnicas e científicas em revistas especializadas. A **COORDENADORA** deve ser citada exclusivamente como “Fundep – Rota 2030”.

CLÁUSULA NONA - DAS INFORMAÇÕES SIGILOSAS

9.1 Os **PARCEIROS** adotarão medidas rigorosas necessárias para proteger as informações sigilosas recebidas em função da celebração, desenvolvimento e execução do presente **ACORDO DE PARCERIA**, inclusive na adoção de medidas que assegurem a tramitação do processo, para evitar que sejam de qualquer modo divulgadas, reveladas, publicadas, vendidas, cedidas ou de qualquer outra forma transferidas para terceiros, sem a prévia e escrita autorização dos outros **PARCEIROS**.

9.2 Os **PARCEIROS** informarão aos seus funcionários, prepostos, representantes e prestadores de serviços e consultores que necessitem ter acesso às informações e conhecimentos que envolvem o objeto do **ACORDO DE PARCERIA**, acerca das obrigações de sigilo assumidas, responsabilizando-se integralmente por eventuais infrações que estes possam cometer.

9.3 Não haverá violação das obrigações de sigilo previstas no **ACORDO DE PARCERIA** nas seguintes hipóteses:

9.3.1 Informações técnicas ou comerciais que já sejam do conhecimento dos **PARCEIROS** na data da divulgação, ou que tenham sido comprovadamente desenvolvidas de maneira independente e sem relação com o **ACORDO DE PARCERIA** pelo **PARCEIRO** que a revele;

9.3.2 Informações técnicas ou comerciais que sejam ou se tornem de domínio público, sem culpa dos **PARCEIROS**;

9.3.2.1 Qualquer informação que tenha sido revelada somente em termos gerais, não será considerada de conhecimento ou domínio público.

9.3.3 Informações técnicas ou comerciais que sejam recebidas de um terceiro que não esteja sob obrigação de manter as informações técnicas ou comerciais em sigilo;

9.3.4 Informações que possam ter divulgação exigida por lei, decisão judicial ou administrativa;

9.3.5 Revelação expressamente autorizada, por escrito, pelos **PARCEIROS**.

9.4 A divulgação científica, por meio de artigos em congressos, revistas e outros meios, relacionada ao objeto deste instrumento poderá ser realizada mediante autorização por escrito dos **PARCEIROS**, e não deverá, em nenhum caso, exceder ao estritamente necessário para a execução das tarefas, deveres ou contratos relacionados com a informação divulgada.

9.4.1 Cada **PARCEIRO** deverá se manifestar em até 30 (trinta) dias da data de recebimento da consulta, findo o prazo sem a manifestação a publicação é autorizada.

9.4.2 Cada **PARCEIRO** deve fazer todos os esforços para adequar a publicação de modo a autorizá-la.

9.4.3 O **PARCEIRO** que não autorizar a publicação deve circunstanciar detalhadamente sua decisão.

9.4.4 Nas hipóteses em que a publicação dos Resultados do Projeto, no todo ou em parte, seja mandatória para garantir a conclusão, por alunos envolvidos no PROJETO, de cursos promovidos pelas **ICT(s)**, incluindo pós-graduações, mestrados e doutorados, as **EMPRESAS** não poderão, para este fim exclusivo, vetar tal publicação. No entanto, as **EMPRESAS** deverão notificar às **ICT(s)**, conforme o caso, por escrito, informando-a acerca de eventual Informação Confidencial Proprietárias das **EMPRESAS** constante da publicação pretendida, hipótese em que as **ICT(s)**, conforme o caso, deverá retirar imediatamente tal Informação Confidencial da respectiva publicação.

9.4.5 Fica assegurada a possibilidade de depósito e realização de apresentações internas das teses e/ou dissertações de pós-graduações, mestrados e doutorados dos alunos envolvidos no Projeto, para fins exclusivamente de defesa dos trabalhos perante a banca examinadora das **ICT(s)**, nos estritos termos dos regulamentos internos das **ICT(s)**. As **ICT(s)** deverão viabilizar meios para que o depósito e apresentações internas de tais teses e/ou dissertações sejam realizados em sigilo, de modo a assegurar a absoluta confidencialidade de referidas teses e/ou dissertações, por si, seus alunos envolvidos no Projeto, eventuais examinadores que venham a compor a banca examinadora, e quaisquer outros funcionários das **ICT(s)** que venham a ter acesso a tais teses e/ou dissertações ao longo do respectivo processo de avaliação e aprovação.

9.5 As obrigações de sigilo em relação às informações sigilosas serão mantidas durante o período de vigência deste **ACORDO DE PARCERIA** e pelo prazo de 5 (cinco) anos após sua extinção.

9.6 Para efeito dessa cláusula, a classificação das informações como sigilosas será de responsabilidade de seu titular, devendo indicar previamente os conhecimentos ou informações classificáveis como sigilosas por escrito.

CLÁUSULA DÉCIMA - CONFORMIDADE COM AS LEIS ANTICORRUPÇÃO

10.1 Os **PARCEIROS** obrigam-se a observar rigidamente as condições contidas nos itens abaixo, sob pena de imediata e justificada rescisão do vínculo contratual.

10.2 Os **PARCEIROS** declaram-se cientes de que seus Departamentos Jurídicos e/ou advogados contratados estão autorizados, em caso de práticas que atentem contra os preceitos dessa cláusula, a solicitar a imediata abertura dos procedimentos criminais, cíveis e administrativos cabíveis à cada hipótese:

- a) Os **PARCEIROS** não poderão, em hipótese alguma, dar, receber ou oferecer, direta ou indiretamente, nenhum tipo de presente, viagens, vantagens ou quaisquer outros tipos similares de pagamentos a qualquer empregado, servidor, preposto ou diretor de outro **PARCEIRO**, funcionário público, membro do governo doméstico ou estrangeiro, seja concursado ou prestador de serviços ou terceiros vinculados, direta ou indiretamente, ao objeto deste **ACORDO DE PARCERIA**, especialmente, mas sem limitação, àqueles responsáveis pela fiscalização do presente **ACORDO DE PARCERIA**. Serão admitidos apenas, em épocas específicas definidas pelos Coordenadores e divulgadas previamente aos **PARCEIROS**, a entrega de brindes, tais como canetas, agendas, folhinhas, cadernos, etc;
- b) Os **PARCEIROS** somente poderão representar outro **PARCEIRO** perante órgãos públicos quando devidamente autorizado para tal, seja no corpo do próprio **ACORDO DE PARCERIA**, seja mediante autorização prévia, expressa e escrita de seu representante com poderes para assim proceder;
- c) Os **PARCEIROS** e seus empregados/prepostos, representantes, consultores ou prestadores de serviços quando agirem em nome ou defendendo interesses deste **ACORDO DE PARCERIA** perante órgãos, autoridades ou agentes públicos, não poderão dar, receber ou oferecer quaisquer presentes, vantagens ou favores a agentes públicos, sobretudo no intuito de obter qualquer tipo de favorecimento para os **PARCEIROS**;
- d) Os **PARCEIROS**, quando agirem em nome ou defendendo seus interesses, não poderão fornecer informações sigilosas a terceiros ou a agentes públicos, mesmo que isso venha a facilitar, de alguma forma, o cumprimento desse **ACORDO DE PARCERIA**, exceto mediante ordem emanada pelo Poder Judiciário;
- e) Os **PARCEIROS**, ao tomarem conhecimento ou suspeitarem de que empregados, prepostos, representantes, consultores ou prestadores de serviço, seus ou de outros **PARCEIROS**, descumpriram as premissas e obrigações acima pactuadas, direta ou indiretamente, denunciarão espontaneamente o fato, de forma que, juntas, elaborem e executem um plano de ação para (i) afastar o empregado ou preposto imediatamente; (ii) evitar que tais atos se repitam e (iii) garantir que o **ACORDO DE PARCERIA** tenha condições de continuar vigente.

10.3 Os **PARCEIROS** obrigam-se ao integral cumprimento de todas as normas jurídicas anticorrupção aplicáveis, sejam elas estabelecidas pela legislação nacional, em especial aos termos da Lei 12.846/2013 – Lei Anticorrupção Brasileira e suas regulamentações, ao Código Penal Brasileiro e outras normas esparsas sobre o tema, bem como aquelas previstas em legislações internacionais com efeitos ou reflexos decorrentes de atos praticados no Brasil ou em qualquer localidade onde o presente **ACORDO DE PARCERIA** seja cumprido, exemplificativamente a lei anticorrupção norte-americana (FCPA – Foreign Corrupt Practices Act) e a lei anti-propina do Reino Unido (UK Bribery Act). comprometendo-se a abster-se de qualquer atividade que constitua uma violação às disposições contidas nestas legislações.

10.3.1 Adicionalmente, cada um dos **PARCEIROS** declara que tem e manterá até o final da vigência deste **ACORDO DE PARCERIA** um Código de Ética e Conduta próprio, cujas regras se obrigam a cumprir fielmente. Sem prejuízo da obrigação de cumprimento das disposições de seus respectivos Código de Ética e Conduta, os **PARCEIROS** desde já se obrigam a, no exercício dos direitos e obrigações previstos neste **ACORDO DE PARCERIA** e no cumprimento de qualquer uma de suas disposições: (i) não dar, oferecer ou prometer qualquer bem de valor ou vantagem de qualquer natureza a agentes públicos ou a pessoas a eles relacionadas ou ainda quaisquer outras pessoas, empresas e/ou entidades privadas, com o objetivo de obter vantagem indevida, influenciar ato ou decisão ou direcionar negócios ilicitamente e (ii) adotar as melhores práticas de monitoramento e verificação do cumprimento das Leis Anticorrupção, com o objetivo de prevenir atos de corrupção, fraude, práticas ilícitas ou lavagem de dinheiro por seus sócios, administradores e colaboradores ou terceiros por ela contratados. A violação de qualquer das obrigações previstas nesta cláusula é causa para a rescisão unilateral deste **ACORDO DE PARCERIA**, sem prejuízo da cobrança das perdas e danos causados à Parte inocente.

CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA - DO ACOMPANHAMENTO

11.1 Aos Coordenadores Geral e Associado competirão dirimir as dúvidas que surgirem na execução, no monitoramento, na avaliação e na prestação de contas e de tudo dará ciência às respectivas autoridades.

11.2 Os Coordenadores Geral e Associado anotarão, em registro próprio, as ocorrências relacionadas com a execução do objeto, recomendando as medidas necessárias à autoridade competente para regularização das inconsistências observadas.

11.3 O acompanhamento do **PROJETO** pelos Coordenadores Geral e Associado não exclui nem reduz a responsabilidade dos **PARCEIROS** perante terceiros, nos limites de suas obrigações e respectivas contrapartida financeira ou econômica.

CLÁUSULA DÉCIMA SEGUNDA - DA VIGÊNCIA E DA PRORROGAÇÃO

12.1 O presente **ACORDO DE PARCERIA** vigorará pelo prazo de 36 (trinta e seis) meses, a partir da data de sua assinatura.

12.2 Este **ACORDO DE PARCERIA** poderá ser prorrogado por meio de termo aditivo, com as respectivas alterações no Plano de Trabalho, mediante a apresentação de justificativa técnica e aprovação da **COORDENADORA**.

CLÁUSULA DÉCIMA TERCEIRA - DAS ALTERAÇÕES

13.1 As cláusulas e condições estabelecidas no presente **ACORDO DE PARCERIA** poderão ser alteradas mediante celebração de termo aditivo.

13.2 A proposta de alteração, devidamente justificada, deverá ser apresentada por escrito, dentro da vigência do instrumento.

13.3 É vedado o aditamento do presente **ACORDO DE PARCERIA** com o intuito de alterar o seu objeto, sob pena de nulidade do ato e responsabilidade do agente que o praticou.

CLÁUSULA DÉCIMA QUARTA – DO MONITORAMENTO, DA AVALIAÇÃO E DA PRESTAÇÃO DE CONTAS

14.1 A COORDENADORA exercerá a fiscalização técnico-financeira das atividades do presente **ACORDO DE PARCERIA**.

14.2 A FUNDAÇÃO DE APOIO deverá apresentar à **COORDENADORA**:

- I trimestralmente, prestação de contas das receitas e despesas do **PROJETO**, inclusive das contrapartidas econômicas e financeiras previstas;
- II semestralmente, e por ocasião do encerramento do projeto, relatório que contenha descrição das atividades realizadas e resultados alcançados até o último dia útil do segundo mês subsequente ao término do semestre, ou encerramento do **PROJETO**.

Parágrafo Único: A **COORDENADORA** poderá solicitar informações adicionais à **FUNDAÇÃO DE APOIO** a qualquer momento.

14.3 A análise das prestações de contas será realizada pela **COORDENAÇÃO**, ou empresa de auditoria por ela selecionada.

Parágrafo primeiro: Eventuais questionamentos acerca da prestação de contas ou do acompanhamento do **PROJETO** serão deliberados pela **COORDENAÇÃO**, e em última instância, decididos pelo Ministério da Economia.

Parágrafo segundo: Eventuais questionamentos acerca da prestação de contas parciais ou do acompanhamento do **PROJETO** que não forem esclarecidos pelos **PARCEIROS** à **COORDENADORA**, poderão implicar em não liberação de parcelas subsequentes.

14.4. A prestação de contas será simplificada, privilegiando os resultados da pesquisa, e seguirá as regras previstas no Decreto nº 8.241, de 21 de maio de 2014;

14.5. O acompanhamento das Atividades Técnicas, demonstradas no plano de trabalho, será realizado por meio de relatórios técnicos e visitas conforme estabelecido no Manual disponível no portal da **COORDENADORA**. Os relatórios de acompanhamento deverão demonstrar a compatibilidade entre as metas previstas e as alcançadas no período, bem como apontadas as justificativas em caso de discrepância, consolidando dados e valores das ações desenvolvidas.

CLÁUSULA DÉCIMA QUINTA – DA EXTINÇÃO DO ACORDO

15.1 Este **ACORDO DE PARCERIA** poderá, a qualquer tempo, ser denunciado pelos **PARCEIROS**, devendo o interessado justificar e externar formalmente a sua intenção nesse sentido, com a antecedência mínima de 30 (trinta) dias da data em que se pretenda que sejam encerradas as atividades, respeitadas as obrigações assumidas com terceiros entre os **PARCEIROS**, creditando eventuais benefícios adquiridos no período.

15.2 Constituem motivos para rescisão do presente **ACORDO**:

- a) O descumprimento de qualquer das Cláusulas pactuadas ou da legislação regente, exceto quando em decorrência de fatos que independam da vontade dos **PARCEIROS**, tais como os que configuram caso fortuito ou força maior, previstos no artigo 393 do Código Civil;

- b) A superveniência de norma que o torne jurídica ou materialmente inexecutável;
- c) A constatação, a qualquer tempo, de irregularidade, falsidade ou incorreção de informação em qualquer documento apresentado pelos **PARCEIROS** e pela **FUNDAÇÃO DE APOIO**; ou
- d) A verificação de circunstância que demonstre desvio de finalidade na aplicação dos recursos aportados ou enseje apuração de responsabilidade, devidamente comprovados.

Parágrafo Único: Em caso rescisão conforme disciplinado no item 15.2, serão imputadas aos **PARCEIROS** ou à(s) **FUNDAÇÃO DE APOIO** as responsabilidades pelas obrigações até então assumidas, no limite de suas respectivas contrapartidas econômicas e financeiras, devendo o **PARTE** que se julgar prejudicada notificar a **PARTE** para que apresente esclarecimentos no prazo de 30 (trinta) dias corridos.

- I. Prestados os esclarecimentos, os **PARCEIROS** deverão, por mútuo consenso, decidir pela rescisão ou manutenção do **ACORDO DE PARCERIA**.
- II. Decorrido o prazo para esclarecimentos, caso não haja resposta, o **ACORDO DE PARCERIA** será rescindido de pleno direito, independentemente de notificações ou interpelações, judiciais ou extrajudiciais.

15.3 O **ACORDO DE PARCERIA** poderá ainda ser rescindido em relação a um **PARCEIRO** em caso de decretação de falência, liquidação extrajudicial ou judicial, insolvência, ou, ainda, no caso de propositura de quaisquer medidas ou procedimentos contra este **PARCEIRO** para sua liquidação e/ou dissolução;

15.4 O presente **ACORDO DE PARCERIA** o será extinto com o cumprimento do objeto ou com o decurso de prazo de vigência.

CLÁUSULA DÉCIMA SEXTA - DA PUBLICIDADE

16.1 A publicação do extrato do presente **ACORDO DE PARCERIA** no Diário Oficial da União (DOU) é condição indispensável para sua eficácia e será providenciada pela **COORDENADORA** no prazo de até 15 (quinze) dias da sua assinatura.

CLAUSULA DÉCIMA SÉTIMA – DOS BENS

17.1 Após execução integral do objeto desse **ACORDO DE PARCERIA**, os bens patrimoniais, materiais permanentes ou equipamentos adquiridos serão revertidos à **ICT PROPONENTE**, por meio de Termo de Doação.

17.2 Cabe à **ICT PROPONENTE** promover a destinação final dos bens patrimoniais, materiais permanentes ou equipamentos adquiridos, podendo manter na própria **ICT** ou, caso julgue pertinente, efetuar a doação para **NÃO TEM ICT ASSOCIADA**

CLÁUSULA DÉCIMA OITAVA – DAS NOTIFICAÇÕES

18.1 Qualquer comunicação ou notificação relacionada ao **ACORDO DE PARCERIA** poderá ser feita pelos **PARCEIROS**, por e-mail, correio ou entregue pessoalmente, diretamente no respectivo endereço dos **PARCEIROS** notificados, conforme citados neste **ACORDO DE PARCERIA**.

18.2 Qualquer comunicação ou solicitação prevista neste **ACORDO DE PARCERIA** será considerada como tendo sido legalmente entregue:

18.2.1 Quando entregue em mãos a quem destinada, com o comprovante de recebimento;

18.2.2 Se enviada por correio, registrada ou certificada, porte pago e devidamente endereçada, quando recebida pelo destinatário ou no 5º (quinto) dia seguinte à data do despacho, o que ocorrer primeiro;

18.2.3 Se enviada por e-mail, desde que confirmado o recebimento pelo destinatário, ou, após transcorridos 5 (cinco) dias úteis, o que ocorrer primeiro. Na hipótese de transcurso do prazo sem confirmação, será enviada cópia por correio, considerando-se, todavia, a notificação devidamente realizada.

18.3 Qualquer dos **PARCEIROS** poderá, mediante comunicação por escrito, alterar o endereço para o qual as comunicações ou solicitações deverão ser enviadas.

CLÁUSULA DÉCIMA NONA – DISPOSIÇÕES GERAIS

19.1 É livre o acesso dos agentes da administração pública, do controle interno e do Tribunal de Contas aos documentos e às informações relacionados a este **ACORDO DE PARCERIA**, bem como aos locais de execução do respectivo objeto, ressalvadas as informações tecnológicas e dados das pesquisas que possam culminar com alguma inovação.

19.2 Os **PARCEIROS** declaram e garantem que cumprem e cumprirão com todas as disposições legais, sejam federais, estaduais ou municipais, bem como as normas técnicas referentes a questões ambientais aplicáveis à sua atividade econômica e, especialmente, mas sem se limitar, às atividades realizadas decorrentes deste **ACORDO DE PARCERIA**.

19.3. Os **PARCEIROS** defenderão as práticas comerciais que, além de justas, sejam éticas e solidárias, baseadas em princípios como a erradicação do trabalho infantil e do trabalho escravo, a eliminação das discriminações relativas a raça, gênero e religião e a preservação da saúde das pessoas e do meio ambiente.

19.4 Cada um dos **PARCEIROS** garante ter plenos poderes e autoridade para firmar e cumprir este **ACORDO DE PARCERIA**, e consumir as transações aqui contempladas, e que a assinatura e o cumprimento deste **ACORDO DE PARCERIA** não resultam em violação de qualquer direito de terceiros, lei ou regulamento aplicável.

19.5 A falta ou o atraso de qualquer dos **PARCEIROS** em exercer qualquer de seus direitos ou faculdades neste **ACORDO DE PARCERIA**, no todo ou em parte, não deverá ser considerado como renúncia ou novação e não deverá afetar o subsequente exercício de tal direito ou faculdade. Qualquer renúncia produzirá efeitos somente se for especificamente outorgada por escrito

19.6. As obrigações constantes deste **ACORDO DE PARCERIA** são assumidas pelos **PARCEIROS** em caráter irrevogável e irretratável, obrigando os **PARCEIROS** e também seus sucessores e cessionários permitidos, a qualquer título, sendo que este **ACORDO DE PARCERIA** constitui o acordo integral dos **PARCEIROS** com relação ao seu objeto, prevalecendo sobre qualquer negociação, acordo, arranjo ou entendimento anteriormente estabelecidos sobre o assunto entre os **PARCEIROS**.

19.7. Cada Cláusula deste **ACORDO DE PARCERIA** constitui uma avença, obrigação ou disposição separada, distinta e autônoma das demais. Na hipótese de qualquer disposição contida neste

ACORDO DE PARCERIA vier a ser considerada nula, ilegal, inválida ou inexecutável em qualquer aspecto, tal dispositivo será separado deste **ACORDO DE PARCERIA**, mas todas as demais disposições e cláusulas permanecerão em vigor e produzindo seus regulares efeitos, para todos os fins de direito. A disposição considerada nula, ilegal inválida ou inexecutável deverá ser substituída por uma disposição válida e executável que mais se aproxime dos objetivos pretendidos pelos **PARCEIROS**.

19.8 Nenhum dos **PARCEIROS** poderá ceder ou transferir este **ACORDO DE PARCERIA**, total ou parcialmente, ou os direitos ou obrigações dele decorrentes, quer a título gratuito ou oneroso, salvo prévio consentimento por escrito dos demais **PARCEIROS**.

CLÁUSULA VIGÉSIMA - DO FORO

20.1 Fica eleito o foro da Seção Judiciária de Minas Gerais para dirimir quaisquer litígios oriundos deste **ACORDO DE PARCERIA**, nos termos do inciso I do artigo 109 da Constituição Federal.

Por estarem de acordo quanto ao que se estipula, firmam o presente Acordo, assinado pelas partes eletronicamente. A data de assinatura deste instrumento, para todos os efeitos, é a última data de assinatura de signatário.

**FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA – FUNDEP
COORDENADORA**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
ICT PROPONENTE**

**MWF MECHATRONICS LTDA
EMPRESA**

**FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E CULTURAL
FUNDAÇÃO DE APOIO**

Av. Presidente Antônio Carlos, 6627 – Un. Adm. II – Campus UFMG
Belo Horizonte, MG – Brasil Caixa postal 856 – 30161-970
Telefone: (31) 3409-4200 | www.fundep.ufmg.br



SISTEMA DE POSICIONAMENTO POR PONTO PRECISO EM TEMPO REAL COM INTEGRAÇÃO INS/GNSS PARA VEÍCULOS AGRÍCOLAS CONECTADOS

Projeto encaminhado à FUNDEP/ROTA 2030,

Referente à chamada 02/2021, Eixo (II) – CONSEV, Faixa A

Linha temática: Desenvolvimento de tecnologias para automação de veículos agrícolas

Coordenador Geral:

Prof. Dr. Felipe Oliveira e Silva – Universidade Federal de Lavras

Coordenador Associado:

Rogério Paes Menezes Filho – MWF Mechatronics Ltda. (apoio econômico e financeiro)

Apoiadores:

Prof. Dr. Jay Allen Farrell – *University of California Riverside* (simples anuência)

Adalíndio Eduardo Pontes – TDI Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda. (simples anuência)

Setembro/2021



SUMÁRIO

1. Resumo Expandido	1
2. Objetivo da Proposta	3
3. Justificativa e Relevância	4
4. Introdução e Estado da Arte	7
5. Metodologia	16
6. Resultados Previstos	22
7. Cronograma de Atividades	24
8. Referências Bibliográficas	25



1. Resumo Expandido

A agricultura é um dos setores econômicos de maior expressão e relevância nacional, caracterizando-se pela sua solidez, mesmo em face a crises financeiras, políticas e sanitárias. Figurando como um dos pilares tecnológicos do agronegócio, a Agricultura de Precisão (AP) tem buscado otimizar a gestão dos processos produtivos agrícolas e consequentemente, aumentar a produtividade/lucratividade dos mesmos. Uma tecnologia chave para a AP são os sistemas de posicionamento de precisão, os quais permitem a condução segura/autônoma de veículos agrícolas em campo. Tradicionalmente, os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), em especial, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), se tornaram a principal tecnologia de posicionamento de precisão na AP. Quando configurados em modo diferencial (DGNSS), ou relativo (RGNSS) via técnica *Real Time Kinematics* (RTK), receptores GNSS fornecem soluções de posicionamento com precisão centimétrica. Apesar da comprovada eficácia, tais métodos de posicionamento apresentam inúmeras desvantagens. Sistemas DGNSS e RGNSS, por exemplo, necessitam acessar as observáveis de uma base GNSS de referência, a qual deve ter coordenadas geodésicas bem determinadas. Para a técnica RTK, em particular, tais bases não devem estar distanciadas do veículo agrícola de interesse (*rover*), mais do que poucos quilômetros. Ademais, soluções RTK frequentemente perdem rastreio das chamadas “fases da onda portadora”, necessárias à resolução das “ambiguidades inteiras”, podendo apresentar elevado tempo de re-convergência. Tal problema é de difícil resolução, especialmente para veículos em movimento, e requer, em geral, o uso de receptores GNSS de dupla frequência, os quais custam dezenas de milhares de reais. Para soluções DGNSS que dispensam o uso de bases de referência (por parte do usuário), conhecidas como *wide-area* DGNSS, ao custo do equipamento, ainda se soma a contratação (assinatura) dos serviços de correções diferenciais, os quais se dão de forma individualizada, i.e., para cada veículo agrícola. Somado às desvantagens supracitadas, soluções GNSS, de forma geral, ainda sofrem com o problema de bloqueio dos sinais dos satélites, quando por exemplo, da passagem do veículo por sob a copa de uma árvore, edifício ou túnel. A consequência óbvia do problema é a perda de segurança na condução autônoma do veículo agrícola, além da geração de lacunas nas atividades da AP que dependem de geoeferenciamento. Como forma de resolver os



problemas supracitados, este projeto de pesquisa propõe a concepção de um sistema de posicionamento de precisão e baixo custo para veículos agrícolas conectados (à internet), com base na utilização/integração de duas tecnologias habilitadoras principais: a técnica de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real (PPP-TR) via GNSS, e os Sistemas de Navegação Inercial (INS). O PPP-TR é uma técnica bastante recente, através da qual, usuários GNSS espalhados por todo o Globo utilizam correções gratuitas, fornecidas, via internet e em tempo real, por agências especializadas. Originalmente restrito a usuários munidos de receptores GNSS de dupla-frequência (alto custo), o PPP-TR também pode ser implementado em receptores de simples frequência (baixo custo), desde que mapas de atraso ionosféricos estejam disponíveis, em tempo real, na região de interesse. Com a recém-anunciada (2019) disponibilização de tais mapas, em tempo (quase) real, na América do Sul, por parte da *Universidad Nacional de La Plata* (UNLP), usuários brasileiros, munidos de receptores de simples frequência, já se encontram aptos, ao menos teoricamente, a praticar PPP-TR. Os INS, por outro lado, são sistemas de navegação tradicionalmente empregados em aplicações de defesa e segurança (aeronaves, mísseis, foguetes e submarinos), os quais fornecem uma solução de posicionamento com base na integração numérica das medições de acelerômetros e girômetros. Os INS têm características de operação complementares aos GNSS, i.e., fornecem alta taxa de amostragem/banda passante, são independentes de sinais externos, permitem que a orientação (atitude) do veículo seja computada, mas apresentam problemas de acúmulo de erros com o tempo. Devido a esta complementariedade de características, sistemas de navegação integrados INS/GNSS são hoje, os principais sistemas de posicionamento de precisão empregados em aplicações que demandam alta confiabilidade/disponibilidade. O projeto proposto, portanto, possui elevada relevância para o setor automotivo nacional, bem como evidente aderência com a linha temática de automação de veículos agrícolas, na medida em que propõe a concepção de um sistema de posicionamento de precisão, confiabilidade e baixo custo, com imediata aplicação na AP. A equipe proponente do projeto é formada por pesquisadores de reconhecida experiência nas áreas de GNSS, INS, e integração de sistemas, e também conta com o apoio: a) econômico e financeiro da empresa MWF Mechatronics Ltda.; b) de simples anuência da *University of California Riverside* (UCR) e da empresa TDI Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda. (TDI).



2. Objetivo da Proposta

O objetivo do projeto de pesquisa proposto é conceber um sistema de posicionamento de precisão e baixo custo para veículos agrícolas conectados (com acesso à internet) com base na integração de Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) e Sistemas de Navegação Inercial (INS), via técnica de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real (PPP-TR).

Como objetivos específicos do projeto, destacam-se:

- Avaliar a aplicabilidade das correções PPP-TR associadas aos erros de efemérides e relógios dos satélites, fornecidos em tempo real pelo *International GNSS Service* (IGS), em território brasileiro;
- Avaliar a aplicabilidade das correções PPP-TR associadas aos atrasos ionosféricos, fornecidos em tempo (quase) real pela *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas* (FCAG), da *Universidad Nacional de La Plata* (UNLP), em território brasileiro;
- Avaliar a aplicabilidade de modelos troposféricos híbridos, via PPP-TR, em território brasileiro;
- Avaliar o desempenho da técnica PPP-TR em função de diferentes cenários de teste, a saber: veículo em condições estacionárias e dinâmicas; receptor de alto e baixo custo; diferentes algoritmos de estimação, entre outros;
- Avaliar o desempenho da técnica PPP-TR, em função da existência de latência nas correções;
- Avaliar técnicas de mitigação dos efeitos de multicaminho, via modelagem dos mesmos em espaço de estados, e via utilização de observações do deslocamento na frequência da onda portadora (Doppler), fornecidas pelos receptores GNSS.
- Avaliar o desempenho da técnica PPP-TR quando da utilização de diferentes constelações GNSS, a saber, o GPS (EUA), o GLONASS (Rússia), o Galileo (Europa) e o Beidou (China);
- Investigar diferentes metodologias de integração de receptores GNSS com INS, a saber, metodologia fracamente acoplada (*loosely-coupled integration*) e fortemente acoplada (*tightly-coupled integration*);



- Avaliar o desempenho do sistema INS/PPP-TR, em relação aos tradicionais sistemas de posicionamento de precisão do tipo DGNSS, RGNSS e RTK.
- Iniciar a implementação dos algoritmos embarcados em uma placa controladora de tempo real;
- Executar testes em campo, com auxílio de veículos agrícolas conectados à internet, para fins de validação da eficácia/relevância do sistema proposto, em especial, no âmbito da Agricultura de Precisão (AP).

3. Justificativa e Relevância

Nas últimas décadas, os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), em especial o Sistema de Posicionamento Global (GPS), tornaram-se a tecnologia dominante no que concerne ao posicionamento de pessoas e veículos (MISRA; ENGE, 1999). Para tais aplicações, a precisão padrão do GNSS, de aproximadamente 10 metros, tem sido tipicamente suficiente. Uma nova geração de aplicações (a saber, veículos autônomos, veículos conectados, assistência ao condutor, agricultura de precisão, etc.) está, contudo, impondo especificações de precisão/confiabilidade de posicionamento (bem como custo), muito mais rigorosas aos sistemas de navegação, do que era anteriormente necessário (BASNAYAKE; JOERGER; AULD, 2016). Especificações como a SAE J2945 (SAE, 2016), por exemplo, requerem precisão de posição horizontal e vertical de 1,5 metros e 3 metros, respectivamente, a 68% de probabilidade.

A *Federal Highway Administration* (FHWA) dos EUA, seus *Departments of Transportation* (DOTs), bem como diversos fabricantes de automóveis, já estão investigando aplicações de veículos rodoviários (conectados e autônomos) para os quais estimativas precisas (submétricas) de posição, em tempo real, e a pelo menos 95% de probabilidade, se fazem necessárias, de forma a garantir a condução segura e eficiente dos mesmos. Projetos pilotos já estão em andamento em pelo menos três locais dos EUA (GARCIA ET AL., 2018; JOHNSON ET AL., 2017; VAN DUREN ET AL., 2016), e têm como objetivo melhorar a segurança e o rendimento da rede rodoviária, bem como diminuir o impacto das emissões.



Como mencionado em Seções subsequentes deste projeto, o fornecimento de correções diferenciais (DGNSS) é uma solução ao problema de posicionamento de precisão (submétrico), a qual, contudo, torna-se ineficaz à medida em que o veículo conectado se afasta da base (estação) de referência. Correções diferenciais baseadas em uma rede de bases de referência (WADGNSS) podem resolver o inconveniente supracitado, às custas de que o usuário contrate o serviço de assinatura mensal/anual, ou então, possua um receptor GNSS modificado, capaz de rastrear os sinais e correções gratuitas fornecidas pelos *Satellite-Based Augmentation Systems* (SBAS), a exemplo do americano *Wide Area Augmentation System* (WAAS), e o *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS). No Brasil, infelizmente, apenas a primeira opção (contratação de correções diferenciais por assinatura) está disponível a usuários.

Para aplicações de posicionamento que requerem precisão superior à submétrica (fornecida pelos DGNSS) tem-se como tradicional solução, os sistemas GNSS baseados em técnicas relativas (RGNSS) via *Real Time Kinematics* (RTK). Tais sistemas dominam os segmentos de mercado automotivo que dependem de alta precisão no posicionamento, tais como a Agricultura de Precisão (AP), mas apresentam inúmeras desvantagens, em especial, o elevado custo, o que restringe a difusão da tecnologia para ao mercado de massa. De forma simplificada, dois são os principais fatores que impactam no alto custo da solução e limitam aplicações mais generalizadas: a) a necessidade de utilização de receptores GNSS de dupla frequência (como requisito praticamente básico à solução das chamadas “ambiguidades inteiras”, associadas à técnica RTK); b) a necessidade de utilização de uma base de referência, com coordenadas bem conhecidas, e distanciada da aplicação de interesse não mais do que poucos quilômetros.

Alternativamente às soluções DGNSS, RGNSS e RTK, a técnica de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) tem se mostrado uma alternativa promissora no que tange ao problema de posicionamento submétrico. Concebida, originalmente, para aplicações pós-processadas, o PPP fornece aos usuários, correções gratuitas e individualizadas para os mais diversos erros sistemáticos que corrompem os GNSS (erros de efemérides, erros de atrasos atmosféricos, erros de relógio dos satélites, etc.), não requerendo dos usuários, a utilização de nenhuma base de referência. Após a disponibilização, por parte de agências modelizadoras especializadas, de



correções PPP precisas, gratuitas e em Tempo Real (TR), a usuários espalhados por todo o Globo, a relevância do então denominado PPP-TR passou a ser evidente, despertando a atenção de diversos grupos de pesquisa atuantes na área de posicionamento veicular de precisão. A recente disponibilização, também em tempo real, de mapas regionais associados aos erros de atraso ionosféricos, tem contribuído ainda mais para a difusão do PPP-TR (RAHMAN ET AL., 2020). Ao menos teoricamente, a utilização de tais mapas possibilita posicionamento submétrico a usuários munidos de receptores GNSS de simples frequência (baixo custo), o que é relevante às aplicações supracitadas (PROL ET AL, 2018). No Brasil, a disponibilização de tais correções/mapas é extremamente recente, e necessita de maior investigação (MENDONZA, 2019).

A despeito da relevância/eficácia das soluções de posicionamento GNSS supracitadas, todas, invariavelmente, estão sujeitas a uma vulnerabilidade adicional: a perda de rastreamento das observáveis GNSS, devido ao bloqueio parcial/total dos sinais transmitidos pelos satélites. Tal situação é particularmente grave em grandes centros urbanos (os chamados *urban canyons*), onde a existência de edifícios altos, túneis e pontes reduzem (ou até mesmo, extinguem) o recebimento de sinais de satélites por parte de receptores GNSS. Uma solução a tal adversidade, provém da integração de receptores GNSS, com soluções de posicionamento do tipo *dead-reckoning*, as quais possuem características de operação complementares às do GNSS (GROVES, 2013). Um dos sistemas *dead-reckoning* mais robustos, completos e confiáveis é o Sistema de Navegação Inercial (INS), o qual computa uma solução de posição, velocidade e orientação (atitude), com base na integração numérica das medições fornecidas por acelerômetros e giroscópios (sensores ditos inerciais) mecanicamente fixados ao veículo. Devido ao fato dos INS operarem de forma completamente independente de sinais externos, os mesmos possuem importância crítica em aplicações de alta confiabilidade/segurança, sendo tradicionalmente empregados na fabricação de mísseis, foguetes, aeronaves, e submarinos.

Graças ao caráter estratégico que os INS assumem nos setores de defesa e segurança nacional, poucos são os pesquisadores brasileiros habilitados/capacitados a desenvolver soluções de posicionamento nacionais baseadas na integração INS/GNSS (como é o caso da equipe proponente deste projeto). Adicionalmente, poucas são as empresas brasileiras atuantes no setor automotivo que detêm o *know-how* exigido para transformar a solução supracitada em



um produto robusto, confiável e escalonável para fins comerciais. A MWF Mechatronics, empresa do grupo MWF, e parceira da UFLA neste projeto, é formada por uma equipe de engenheiros especialistas em disciplinas mecatrônicas. A expertise da MWF Mechatronics abrange desde as etapas de projeto de soluções mecatrônicas até às suas implementações físicas, passando por: análise dinâmica; controle digital; processamento de sinais; implementação de *firmware*; monitoramento, pós-processamento e análise de alto nível. Atuante no setor automotivo há vários anos, o grupo MWF, desenvolve suas próprias plataformas de processamento em tempo real, às quais serão de fundamental importância para a prototipagem do sistema integrado INS/GNSS, baseado na técnica PPP-TR, que se espera desenvolver.

Além de significativamente inovador, portanto, o projeto aqui proposto conta com uma equipe executora de reconhecida experiência em suas áreas de atuação, apresentando relevância imediata para diversas áreas consideradas estratégicas para o desenvolvimento e soberania nacional, tais como, o transporte rodoviário, a indústria aeroespacial, o agronegócio, entre outros.

4. Introdução e Estado da Arte

Os atuais sistemas de posicionamento em escala global devem sua existência aos significativos avanços obtidos ao longo da Segunda Guerra Mundial, especialmente nas áreas de tecnologia de foguetes, e comunicação a rádio. Em 4 de outubro de 1957, por exemplo, foi lançado o primeiro satélite em órbita, o Sputnik 1, dando origem à corrida armamentista espacial entre os Estados Unidos da América (EUA) e a Rússia. Nos EUA, foi desenvolvido o *Navy Navigation Satellite System* (NNSS), baseado em ondas de rádio e no efeito Doppler (MONICO, 2008). Suscetível a muitas interferências e a variações de altitude terrestre, o NNSS se restringiu, basicamente, à navegação marítima.

Inspirados no NNSS, surgiram, na década de 80, os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), originalmente para fins bélicos. Os atuais representantes GNSS de alcance global são: o *Global Positioning System* (GPS), dos EUA, o *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS), o Galileo, projetado pela *European Space Agency* (ESA),



e o *Compass Navigation Satellite System* (CNSS), também chamado de Beidou, da China (TEUNISSEN; MONTENBRUCK, 2017).

Como discutido por Braasch e Van Dierendonck (1999), o sistema GPS (mais antigo, robusto e confiável dentre os atuais GNSS) é estruturado em três diferentes segmentos: espacial, de controle e de usuários. O segmento espacial é formado pela constelação de satélites, os quais orbitam em 6 planos diferentes, cada qual contendo, pelo menos, 4 satélites. Cada um deles transmite continuamente sinais em direção à Terra, em duas ondas portadoras, a saber, L1 (1575,42 MHz) e L2 (1227,60 MHz). Dois tipos de códigos são usados para modular essas ondas portadoras: os códigos pseudoaleatórios (PRNs), e as mensagens de navegação. Na frequência L1, PRNs do tipo *Coarse Acquisition* (C/A), *Precise* (P) e *Military* (M) são usados na modulação. Na frequência L2, apenas os dois últimos são empregados. Os PRNs do tipo C/A correspondem ao chamado *Standard Positioning Service* (SPS), de acesso irrestrito e gratuito a usuários civis, enquanto os códigos P e M correspondem ao *Precise Positioning Service* (PPS), de uso exclusivo militar (ou a provedores autorizados). Com a modernização do GPS, prevista para terminar em 2021, tem sido disponibilizado na portadora L2, o PRN L2C, que contribui para a correção dos efeitos de atraso ionosférico, bem como uma nova portadora, chamada L5 (1176,45 MHz), a qual melhora a precisão/disponibilidade/integridade do GPS (GREWAL; ANDREWS; BARTONE, 2013).

O segmento de controle do GPS, por outro lado, é constituído por 22 estações, sendo a principal, a de Colorado Springs (CO) (KAPLAN; HEGARTY, 2018). Ela capta os dados das demais estações, e retransmite informações de correção de órbitas, relógios, atrasos ionosféricos, etc., aos satélites. O segmento de usuários, por fim, é caracterizado pelos receptores GPS. Os receptores atualmente disponíveis no mercado são, em geral, multicanais, sendo que cada canal é responsável por sintonizar um satélite. Receptores ditos “de navegação” geralmente estão restritos ao código C/A (SPS), disponibilizado na frequência L1. Receptores que têm acesso ao código P (PSS), disponibilizado nas frequências L1 e L2, são de 5 a 40 vezes mais caros que os anteriores, e 10 a 1000 vezes mais precisos (erros de posicionamento entre 0,02 e 1 m). Como apresentando por Segantine (2005), receptores capazes de sintonizar sinais provenientes de constelações diferentes (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), têm contribuído para o aumento da robustez, confiabilidade e disponibilidade dos GNSS.

De forma simplificada, a determinação da posição do usuário (receptor) via GNSS é feita medindo-se o tempo necessário para o código pseudoaleatório, proveniente dos satélites em vista, chegar até o receptor (FARRELL, 2008). A distância é calculada levando-se em conta a velocidade da luz. A posição dos satélites (efemérides), e o conjunto de informações relativas à integridade da constelação (almanaque) estão disponíveis na própria mensagem de navegação transmitida pelos satélites. A medição do tempo é possível devido ao fato dos satélites (e receptores) carregarem, em seu interior, relógios (teoricamente) sincronizados com o chamado tempo de referência do GNSS. O cálculo de uma distância (satélite e receptor), a qual é formalmente denominada “pseudo-distância” (pelo fato da estimativa conter erros), determina uma esfera de possíveis localizações para o receptor. Quatro pseudo-distâncias determinam um ponto único no espaço. Esta técnica é chamada de trilateração (GROVES, 2013).

Como observado por Kaplan e Hegarty (2018), o erro do SPS tem sido, em 95% do tempo, de 9 m na horizontal, e 15 m na vertical. Como pode ser visto na Tabela 1, as principais fontes de erros que contribuem para tal precisão são: erros nas efemérides transmitidas, erros nos relógios dos satélites, erros de atrasos atmosféricos (ionosféricos e troposféricos), erros nos relógios dos receptores, efeito de “multicaminho”, e erros devido a ruídos aleatórios. Os três primeiros tipos de erros são classificados como “erros de modo comum”, enquanto os demais, “erros de modo não-comum”. Os erros de modo comum são, em geral, correlacionados espacial e temporalmente (na faixa de quilômetros e horas, respectivamente), sendo, portanto, relativamente semelhantes para quaisquer receptores dentro de uma mesma vizinhança (e mesma janela de tempo). Os erros de modo não-comum, por outro lado, apresentam baixa correlação espacial e temporal, variando de receptor para receptor, bem como em função do tempo, geometria espacial dos satélites, e tipos de obstruções no caminho dos sinais (RAHMAN ET AL., 2019).

Pelo fato dos erros de modo comum serem relativamente constantes dentro de uma determinada região e janela de tempo, uma vez estimados, eles podem ser transmitidos a quaisquer receptores situados na vizinhança (cumprindo-se requisitos de latência máxima), permitindo-os melhorar significativamente suas estimativas de posição. Tal técnica é conhecida como GNSS Diferencial (DGNSS), e pode ser classificada conforme sua área de abrangência. Os chamados DGNSS Locais (LADGNSS) requerem a utilização de dois

receptores, um fixo (de alta qualidade) numa base de referência, com coordenadas geodésicas bem conhecidas, e outro móvel (chamado de *rover*). O receptor fixo recebe os sinais dos satélites e, sabendo sua posição de antemão (e com precisão), é capaz de estimar os erros de modo comum (de forma combinada), os quais são transmitidos ao *rover*, e por ele utilizados. Erros de posicionamento típicos entre 0,5 e 2 metros são usuais nesse tipo de implementação (Tabela 1), os quais são ocasionados, basicamente, pelos erros de modo não-comum residuais (PARKINSON ET AL., 1996).

Uma técnica de posicionamento relativo (RGNSS) bastante empregada para se mitigar o efeito destes erros de modo não-comum chama-se *Real Time Kinematics* (RTK), a qual se vale de observações das fases das ondas portadoras (adicionalmente às pseudo-distâncias). A precisão do posicionamento, resultante dessa técnica, ultrapassa a casa dos centímetros, sendo, contudo, contrabalanceada pelo alto preço dos receptores requeridos (de dupla frequência), além de outros inconvenientes práticos, como a frequente perda de rastreio das ondas portadoras, o alto tempo de convergência para solução das chamadas “ambiguidades inteiras”, e a necessidade dos receptores estarem próximos entre si (*baselines* de, no máximo, 5 a 15 km).

Além do alto custo, uma grande limitação dos DGNSS e RGNSS (incluindo os RTK) consiste na degradação da precisão da correção, à medida em que o *rover* se afasta da base de referência (e também à medida em que a correção é transmitida tardiamente). Uma solução para esse problema consiste na utilização de uma rede (regional ou continental) de bases de referência, todas georeferenciadas, e capazes de trocar informações entre si, de forma a fornecer correções ponderadas (e mais confiáveis) aos usuários. Tal topologia é conhecida como *Wide-Area DGNSS* (WADGNSS), e os erros de posicionamento residuais típicos, resultantes de seu uso, são ilustrados na Tabela 1 (KEE, 1996). Além de permitir uma otimização no número de bases de referência necessárias (em relação à uma eventual implementação LADGNSS em larga escala), um WADGNSS é capaz de estimar (e fornecer aos usuários) correções específicas para cada fonte de erro compondo os erros de modo comum do GNSS, i.e., correções para as efemérides transmitidas, para os relógios dos satélites, e para os atrasos atmosféricos.



Ao longo das últimas décadas, diferentes organizações têm se dedicado à implementação, manutenção e fornecimento (gratuito ou não) de correções WADGNSS a usuários espalhados pelo Globo. Dentre as correções pagas, destacam-se as fornecidas pelas empresas Trimble, StarFire, Racal, Omnistar, *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), etc. Dentre as gratuitas, podem-se citar as fornecidas pelo *Wide Area Augmentation System* (WAAS), dos EUA, *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS), da União Europeia (EU), *Japanese Multi-Function Transportation Satellite Augmentation System* (MSAS), do Japão, e *GPS Aided GEO Augmented Navigation* (GAGAN), da Índia. Além de fornecer correções diferenciais gratuitas aos usuários, esses sistemas também transmitem, via satélites geoestacionários, códigos PRNs adicionais, além de informações sobre a integridade da constelação. Devido a essas capacidades adicionais, tais sistemas são conhecidos como *Satellite-Based Augmentation Systems* (SBAS), e apresentam, como principal inconveniente, contudo, a necessidade de o usuário possuir receptores modificados, capazes de rastrear os códigos PRNs adicionais (ENGE ET AL., 1996). Infelizmente, no Brasil, correções WADGNSS gratuitas ainda não estão disponíveis aos usuários.

Outra técnica de posicionamento absoluto, proveniente, de certa forma, dos WADGNSS, é o chamado Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). O PPP foi originalmente concebido para aplicações pós-processadas (PPP-PP) e de alta precisão (ANDERLE, 1976). Segundo esta técnica, dados brutos de diferentes bases de referência espalhadas pelo Globo são processados conjuntamente, levando-se em consideração sofisticados modelos para as órbitas dos satélites em função do tempo. Como resultado, correções (também chamadas de “produtos”) de alta confiabilidade são estimadas para os erros de efemérides e relógio dos satélites (KOUBA, 2009). Usuários equipados com receptores GNSS de alta qualidade (dupla frequência, com observações de fase das ondas portadoras) são capazes de usar as correções e obter precisão ainda melhor à fornecida pelos WADGNSS (Tabela 1).

Com o passar do tempo, aprimoramento dos algoritmos de estimação, aumento da capacidade de processamento computacional, e também impulsionada pela demanda de usuários, instituições passaram a se dedicar ao fornecimento de correções PPP em tempo real (PPP-TR), ainda que com precisão inferior aos produtos pós-processados. Dentre essas instituições, destaca-se o *International GNSS Service* (IGS), um conglomerado de mais de 200



instituições (públicas e privadas) voluntárias, de mais de 80 países, que fornece correções de múltiplas constelações GNSS, via internet, sem custos aos usuários. Até o presente momento, contudo, produtos em tempo real fornecidos pelo IGS têm se restringido aos erros de efemérides e relógios dos satélites (e mesmo assim, apenas para o GPS e GLONASS) (KRZAN; PRZESTRZELSKI, 2016). Produtos relacionados aos demais componentes dos erros de modo comum do GNSS, tais como atrasos ionosféricos e troposféricos, ainda só estão disponíveis aos usuários de forma pós-processada. Como consequência, usuários interessados em praticar PPP-TR ainda têm, de forma geral, que recorrer a receptores GNSS de dupla frequência (alto custo), capazes de mitigar os atrasos ionosféricos. Os atrasos troposféricos, por sua vez, têm sido compensados pela utilização de modelos analíticos ditos “híbridos”, os quais, ao invés de recorrer a medições de sensores meteorológicos locais, fornecem valores tabelados para alguns parâmetros atmosféricos importantes (como temperatura, pressão, umidade, etc.), em função da localização do usuário, dia e horário. Exemplos de modelos troposféricos híbridos são o UBN3M (FARAH, 2015), EGNOS (KAZMIERSKI; SANTOS; BOSY, 2017), e IGGtrop (LI ET AL., 2012).

Uma solução à atual indisponibilidade de correções globais (em tempo real), associadas aos atrasos ionosféricos, por parte do IGS, tem sido ofertada a usuários como fruto de colaborações entre organismos e centros de pesquisa regionais nas áreas meteorológica e geodésica. Nos EUA, por exemplo, a colaboração entre o *Space Weather Prediction Center* (SWPC), *National Geodetic Survey* (NGS), *National Centers for Environmental Information* (NCEI), e *Global Systems Division* (GSD) culminou com a criação do *US Total Electron Content* (USTEC) *Service*. O USTEC é um serviço que fornece, via internet, de forma gratuita e em tempo real, informações de atrasos ionosféricos, na forma de mapas de Conteúdo Eletrônico Total (TEC) (MANNUCCI ET AL., 1998), a usuários norte-americanos. De posse de tais mapas (e das correções fornecidas pelo IGS), usuários munidos de receptores GNSS de simples frequência (baixo custo), têm sido capazes de praticar PPP-TR, obtendo precisão de posicionamento ligeiramente inferior ao correspondente PPP-PP (Tabela 1) (DE BAKKER; TIBERIUS, 2017; KIM; PARK, 2017).

Tabela 1 – Fontes de erros no GNSS

Tipo de erro	Fonte de erro	Erro associado [m]				
		SPS	LADGNSS	WADGNSS	PPP-PP	PPP-TR
Modo comum	Efemérides	2	0,4	0,05	0,02	0,05
	Relógio dos satélites	2	0,2	0,09	0,02	0,08
	Atraso ionosférico	3 – 7	0,5	0,40	0,40	0,40*
	Atraso troposférico	1	0,3	0,05	0,05	0,05
Modo não-comum	Relógio do receptor	0**	0**	0**	0**	0**
	Multicaminho	0,2	0,2	0,20	0,20	0,20
	Ruídos aleatórios	1 – 2	0,1	0,10	0,10	0,10
Erro de distância equivalente (UERE)		4 – 8	0,8	0,48	0,46	0,47
Erro de posicionamento horizontal (HDOP*** = 1,5)		6 – 12	1,2	0,72	0,69	0,71

* Especificação relativa ao USTEC

** O erro de relógio do receptor é geralmente estimado juntamente com a posição do receptor

*** Diluição de precisão horizontal

Na América do Sul, uma recém estabelecida (2019) colaboração entre a *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas* (FCAG), da *Universidad Nacional de La Plata* (UNLP), na Argentina, o *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* (BKG), da Alemanha, e o IGS, permitiu a disponibilização de mapas de atraso ionosférico, em tempo (quase) real, e para multi-constelações GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), em todo seu território (com extensão ao Caribe e península Antártica) (MENDONZA, 2019). Dessa forma, usuários brasileiros já estão aptos, ao menos teoricamente, a praticar PPP-TR, com receptores GNSS de simples frequência (baixo custo), via correções/produtos gratuitos fornecidos, via internet e em tempo real, pelas agências supracitadas. O estudo da precisão de posicionamento a ser obtido com o uso de tais produtos, em território brasileiro (e no âmbito particular de veículos agrícolas), é um dos temas de investigação do presente projeto de pesquisa tecnológica. O

segundo tema de investigação do projeto proposto reside na concepção de metodologias para integração de receptores GNSS-PPP-TR com os chamados Sistemas de Navegação Inercial (INS), descritos a seguir.

Sistemas de Navegação Inercial (INS) são sistemas capazes de fornecer informações de posição, velocidade e orientação (também referida como “atitude”) de corpos no espaço, sem a necessidade de auxílios externos (sinais de radiofrequência, satélites, *links* de rádio, etc.). Estes sistemas foram concebidos na década de 50 com o principal objetivo de fornecer a posição/orientação de mísseis, foguetes e submarinos, e consequentemente, permitir a pilotagem e o guiamento autônomo destes veículos. Como explicado por Chatfield (1997), um INS é constituído, essencialmente, por uma Unidade de Medição Inercial (IMU), dotada de três acelerômetros e três girômetros (montados em posições ortogonais), e por um Computador de Bordo (PC), responsável pela execução, em tempo real, dos algoritmos embarcados.

Acelerômetros, de acordo com Titterton e Weston (2004), são sensores capazes de mensurar a aceleração “não-gravitacional” dos corpos com os quais está em contato. Esta aceleração corresponde à aceleração causada por todas as forças atuantes no corpo, com exceção da força da gravidade, e é frequentemente referida como “força específica”. Os girômetros (ou popularmente, giroscópios), por outro lado, são sensores capazes de mensurar a velocidade angular dos corpos. Tanto acelerômetros quanto girômetros medem grandezas em relação a um referencial dito inercial, o qual é caracterizado por estar completamente estacionário no espaço tridimensional. Por este motivo, acelerômetros e girômetros são popularmente conhecidos como sensores “inerciais” (JEKELI, 2001).

De forma simplificada, um INS é capaz de determinar a posição, velocidade e orientação do corpo em que está montado, via integração numérica das forças específicas e velocidades angulares mensuradas pela IMU. Para que este processo de integração resulte em valores relativos à Terra, e não ao referencial inercial, uma série de compensações se faz necessária, como por exemplo: contabilização do vetor gravidade local, integralização da aceleração do corpo, compensação da velocidade angular da Terra, e contabilização das acelerações de Coriolis (NOURELDIN; KARAMAT; GEORGES, 2013). Ademais, para que o processo de integração numérica possa ser efetivamente implementado, faz-se necessária a determinação

das condições iniciais da posição, velocidade e orientação do corpo (SILVA; HEMERLY; LEITE FILHO, 2016b).

Outro fator que interfere drasticamente na qualidade das informações de posição, velocidade e orientação fornecidas pelo INS diz respeito à qualidade dos sensores inerciais utilizados. Embora todas as IMUs comerciais passem por extensivos processos de calibração laboratorial, onde grande parte dos erros sistemáticos (*biases*, fatores de escala e desalinhamentos) dos sensores são modelados, identificados e compensados, sensores inerciais são sensores altamente suscetíveis a erros de natureza aleatória e estocástica (*random walks*), os quais só podem ser identificados e compensados em processos de calibração em campo (*in-field*) (SILVA ET AL., 2018). Como resultado da integração numérica destas componentes aleatórias de erro, as informações de posição, velocidade e orientação podem se degradar muito rapidamente com o tempo, tornando o INS inadequado para algumas aplicações (FARRELL ET AL, 2021).

Apesar disto, INS têm sido largamente usados em aplicações contemporâneas, e apresentam vantagens importantes, como: determinação da orientação do corpo (em adição à posição e velocidade), independência de sinais e auxílios externos, alta taxa de amostragem, boa relação sinal/ruído, alta banda passante e boa precisão (a despeito da degradação da exatidão). Aplicações envolvendo INS incluem: smartphones, sistemas de prospecção petrolífera, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), sistemas AirBag, dispositivos de realidade aumentada (Kinect), entre outros.

De acordo com Groves (2013), o uso de INS tem sido particularmente explorado no âmbito da chamada “fusão sensorial”. Segundo esta técnica, sensores com diferentes características de erros podem ser combinados através de algoritmos sofisticados (filtros de Kalman), de modo a fornecer uma solução, em termos de posição, velocidade e orientação, mais confiável e robusta do que a fornecida individualmente pelos sensores. Os principais sensores e sistemas que têm sido combinados com INS são: receptores GNSS, altímetros, barômetros, magnetômetros, odômetros, profundímetros, sonares Doppler, etc. (FARRELL, 2008).

No caso específico da fusão INS/GNSS, alvo da proposta do presente projeto, a solução resultante, permite aliar a exatidão do sistema GNSS, com a precisão do INS, além de garantir que o INS fornecerá informações de posição, velocidade e orientação do veículo, mesmo em

situações de eventual perda do sinal GNSS, devido, por exemplo, à obstrução do caminho por parte de árvores, edifícios, túneis, entre outros. Dentre as principais topologias de integração INS/GNSS, destacam-se duas: a) a topologia fracamente acoplada (*loosely-coupled integration*), a qual se vale de posições e velocidades pré-computados pelo GNSS como vetor de medição a ser inputado ao filtro de Kalman; b) a topologia fortemente acoplada (*tightly-coupled integration*), a qual usa diretamente as pseudo-distâncias (e eventualmente, Dopplers e fases da onda portadora), como vetor de medição para o filtro de Kalman. Como analisado por Groves (2013), além de significativamente mais robusta (melhor adequação das propriedades estocásticas dos modelos envolvidos), a topologia fortemente acoplada permite que uma solução integrada INS/GNSS se mantenha, mesmo quando da recepção de menos do que quatro sinais de satélites por parte do receptor GNSS.

5. Metodologia

A metodologia a ser adotada no âmbito do projeto proposto consistirá, a princípio, no cumprimento das seguintes etapas:

- a. **Revisão bibliográfica:** a equipe (coordenador geral, coordenador associado, pesquisadores, alunos e colaboradores) concentrará esforços no estudo, compreensão teórica, e estado da arte das atuais técnicas relacionadas ao PPP-TR. Serão recapitulados também, os principais algoritmos de estimação de posição, baseados nas observáveis GNSS (em especial, pseudo-distâncias), bem como os principais erros (de modo comum e não-comum) que corrompem as anteriores. Em particular, investigar-se-á a natureza de tais erros, bem como modelos/algoritmos tipicamente usados para mitigá-los. Por fim, serão estudadas as principais características de IMUs, algoritmos de calibração de sensores inerciais, técnicas de inicialização (alinhamento) de INS, e topologias de integração de INS com sensores auxiliares. Dar-se-á especial enfoque à: (i) técnica de modelagem estocástica de sensores inerciais conhecida como Variância de Allan (AV); (ii) estudo da propagação de erros em INS; (iii) topologias de integração INS/barômetro (usadas para estabilizar o canal vertical do sistema); e (iv) topologias de integração INS/GNSS dos tipos fracamente

e fortemente acopladas. Simulações computacionais baseadas em dados fictícios de sensores/receptores deverão ser concebidas, para fins de teste e validação dos algoritmos estudados;

- b. **Caracterização das correções PPP-TR:** a equipe investigará e compreenderá a natureza das correções fornecidas pelo IGS e FCAG-UNLP. Nessa etapa, deverá ser entendido o formato através do qual as correções são fornecidas (RINEX, SSR, IONEX, ANTEX, SINEX, etc.), os modelos a serem usados nas compensações, e a eventual necessidade de se aplicar correções adicionais, devido por exemplo, à existência de: (i) *Differential Code Biases* (DCBs) nos relógios dos satélites (TETESKY ET AL., 2009), (ii) desvios nos centros de fase (*phase center offsets*) nas antenas dos receptores e satélites, (iii) movimentação da crosta terrestre devido à atração solar e lunar (*solid Earth tides*), (iv) diferentes sistemas de representação de coordenadas empregados (WGS84, ITRF, SIRGAS, etc.), (v) imprecisão dos modelos de atraso troposférico adotados, (vi) entre outros. Especificamente no que diz respeito às correções fornecidas pelo IGS (para os erros de relógio dos satélites e erros de efemérides), deverão ser concebidos algoritmos capazes de decodificar as correções e adaptá-las ao formato necessário para processamento em ambiente Matlab®, e (futuramente) em uma placa controladora de tempo real. Dever-se-á atentar, especialmente, para a necessidade de interpolação temporal das correções, e eventuais efeitos de latência nas mesmas. No que diz respeito às correções fornecidas pela FGAC-UNLP (para os erros de atraso ionosféricos), dever-se-á também atentar para a necessidade de interpolação espacial das correções (uma vez que essas são, em geral, fornecidas em formato de *grid points*), bem como para o cômputo/aplicação dos chamados fatores de inclinação/obliquidade (*slant*). Tais fatores são importantes pois compensam o fato dos sinais GNSS incidirem sobre a ionosfera sob ângulos de incidência que dependem da elevação dos satélites com relação ao receptor do usuário, o que modifica a magnitude do atraso imposto aos mesmos;
- c. **Coleta de dados estacionários:** a equipe utilizará o *software* gratuito *BKG Ntrip Client* (BNC), concebido pela BKG, para coletar, em tempo real, dados de observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), mensagens de navegação (efemérides transmitidas), e correções PPP-TR. Nessa etapa, as observáveis GNSS a serem coletadas (em especial,



pseudo-distâncias) deverão corresponder a receptores de alta qualidade pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em especial ao receptor recentemente (2018) instalado na Universidade Federal de Lavras (UFLA) (AVELAR, 2018). As correções associadas aos atrasos ionosféricos deverão ser coletadas diretamente no servidor da FCAG-UNLP. Após coletadas, as observáveis/correções deverão ser adaptadas para uso, conforme algoritmos concebidos na etapa anterior. Adicionalmente, também deverão ser coletados dados de magnetômetros e sensores inerciais de diferentes qualidades (módulos u-blox C102-F9R, X-Sens MTI-7 e X-Sens MTi-680G), em condição estacionária. Os sensores deverão ser montados em marcos geodésicos existentes no campus da UFLA, cujas coordenadas são conhecidas com precisão centimétrica, de forma a facilitar o posterior tratamento dos dados.

- d. **Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário estacionário):** de posse dos dados/correções GNSS coletados, a equipe deverá implementar algoritmos de estimação PPP-TR, em ambiente Matlab®, mas de forma pós-processada. O objetivo é facilitar a identificação de inconsistências nas estimativas, permitir a validação da adequação dos algoritmos testados, e fornecer bases de comparabilidade entre diferentes abordagens de estimação. Nessa etapa, por exemplo, poderão ser investigados algoritmos via Mínimos Quadrados Iterado (ILS), Mínimos Quadrados Iterado Ponderado (WILS), e Filtro de Kalman (KF). A utilização de pseudo-distâncias diferenciadas entre satélites também poderá ser investigada, como forma de se eliminar a necessidade de estimação dos erros de relógio dos receptores, como parte dos algoritmos. O desempenho dos algoritmos PPP-TR para diferentes constelações GNSS, bem como diferentes modelos de compensações troposféricas, também deverá ser analisado nessa etapa. Paralelamente, os dados coletados dos sensores inerciais serão usados para caracterização dos erros estocásticos existentes nos mesmos, via técnica da AV. Serão implementados, também em ambiente Matlab®, algoritmos de navegação inercial, e investigada a influência dos seguintes fatores na degradação da respectiva solução de navegação: (i) etapa de inicialização/alinhamento do INS; e (ii) qualidade dos sensores inerciais. Para a etapa de alinhamento, em particular, dever-se-á recorrer a técnicas baseadas em informações auxiliares de magnetômetros, o

que demandará, necessariamente, a implementação de técnicas de calibração (em campo) desses sensores;

- e. **Avaliação da latência das correções PPP-TR:** de posse dos dados coletados, a equipe deverá conduzir estudos relacionados à degradação da estimação de posicionamento, em função do tempo existente entre a geração das correções PPP-TR, e sua efetiva aplicação. O objetivo é simular, por exemplo, o efeito de eventuais atrasos, perdas e/ou falhas de transmissão das correções, devido às limitações físicas das redes de comunicação, passíveis de ocorrer em uma aplicação real. Nessa etapa, poderão ser investigadas também, questões como a perda de precisão da solução de posicionamento, quando da existência de observáveis GNSS corrompidas (*outliers*).
- f. **Tratamento dos efeitos de multicaminho:** uma vez finalizada a etapa anterior, estratégias de estimação inovadoras, envolvendo por exemplo, a modelagem dos efeitos de multicaminho do GNSS, como elementos adicionais no vetor de estados do KF, também poderão ser investigadas. Nesse sentido, e caso disponibilizado pelos receptores GNSS empregados, também poderá ser investigado o uso das observáveis deslocamento na frequência (Doppler) da onda portadora, como forma de auxiliar a estimação dos efeitos de multicaminho (RAHMAN; FARRELL, 2018). Dentre outras técnicas que poderão ser investigadas, destacam-se: (i) tratamento do multicaminho via filtragem espectral dos sinais GNSS; e (ii) tratamento via combinação de pseudo-distâncias e fases da onda portadora;
- g. **Coleta de dados dinâmicos:** a equipe conduzirá ensaios experimentais, de forma a coletar uma nova massa de dados (leituras de sensores inerciais, observáveis/mensagens de navegação GNSS e correções PPP-TR), agora para um veículo em movimento. Nessa etapa, deverão ser utilizados: (i) protótipos de veículos terrestres autônomos, em escala reduzida, pertencentes ao Laboratório do Núcleo de Estudos em Tecnologia, Robótica, Otimização e Inteligência Artificial (TROIA), e ao Laboratório de Mobilidade Terrestre (LMT), coordenados pela equipe proponente; (ii) veículos terrestres automotivos, disponibilizados pela ICT proponente. Como receptores GNSS, deverão ser utilizados os seguintes modelos: (i) o receptor GNSS Spectra SP60 L1/L2 RTK, de dupla frequência, para o estabelecimento das trajetórias de referência (*ground truth*); (ii) o receptor Trimble



AgGPS™ 114, o qual é adicionalmente equipado com um receptor DGNSS, e para o qual correções diferenciais podem ser fornecidas, via assinatura, pelas empresas Omnistar e Racal; (iii) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox NEO-M8U, que combina observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou) em simples frequência com medições de sensores inerciais; (iv) os módulos de navegação integrada INS/GNSS X-Sens MTi-7 e MTi-680G RTK, que além de fornecerem uma solução INS/GNSS comercial para comparação com os algoritmos a serem implementados, também disponibilizam medições adicionais de magnetômetros e barômetro; (v) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox C102-F9R, que é capaz de adquirir sinais GNSS de várias frequências e constelações. As correções necessárias ao PPP-TR ainda serão coletadas via *software* BNC, e servidor proprietário da FCAG-UNLP. Diferentes trajetórias para os veículos deverão ser ensaiadas, tanto em ambiente urbano quanto rural. No que tange especificamente a esse último, dar-se-á preferência à execução de trajetórias por entre fileiras de lavouras agrícolas, uma vez que a principal aplicação do sistema proposto é nesse tipo de ambiente;

- h. **Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário dinâmico):** de posse dos novos dados coletados, a equipe os utilizará nos algoritmos previamente investigados, ainda em ambiente Matlab®, e de forma pós-processada. Nessa etapa, serão comparados os desempenhos (em termos de precisão) da solução PPP-TR proposta em relação aos tradicionais INS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS e RTK. Para geração das trajetórias de referência, as observáveis dos receptores GNSS de dupla frequência deverão ser processadas por um *software* de PPP-PP, a princípio o *Canadian Spatial Reference System* (CSRS). Em particular, investigar-se-á a capacidade das soluções testadas em atender a especificações do setor automotivo, tais como a SAE J2945 (SAE, 2016).
- i. **Implementação/avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (ambiente Matlab®):** nessa etapa, e de posse dos dados dinâmicos coletados, a equipe concentrará esforços na concepção e implementação (em ambiente Matlab®) de algoritmos de fusão sensorial entre a solução GNSS PPP-TR concebida, e o INS. Deverá ser investigado o desempenho (em termos de exatidão/precisão) das principais topologias de integração INS/GNSS, a saber, topologias fracamente e fortemente acopladas, com relação às tradicionais soluções INS

(não auxiliado), GNSS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS, RTK, e PPP-TR. Em particular, dar-se-á ênfase na comparação dos desempenhos das soluções anteriores, em situações com reconhecida perda de recepção dos sinais GNSS por parte do receptor (*outages*), bem como latência no recebimento das correções PPP-TR. Novamente, o objetivo será determinar a capacidade das soluções testadas em atender à especificação SAE J2945 (SAE, 2016).

- j. **Implementação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real):** nessa etapa, e com os algoritmos devidamente testados e validados em ambiente Matlab®, passar-se-á à implementação dos mesmos em uma placa controladora de tempo real, a princípio, a plataforma qFire 1XXU (de fabricação do próprio grupo MWF). Nessa etapa, deverão ser investigadas questões como: protocolos de comunicação entre os receptores GNSS de baixo custo (possivelmente o módulo u-Blox C102-F9R) e a placa controladora; configuração do *software* BNC na placa controladora; acesso da placa à internet, via *hardwares* específicos, para aquisição das correções PPP-TR; comunicação da placa com um dispositivo remoto (computador ou celular), para fins de monitoramento da posição do sistema, etc. Placas controladoras de tempo real diferentes da supracitada poderão, eventualmente, ser empregadas nessa etapa, caso atendam aos requisitos de processamento necessários, e sejam de menor custo.
- k. **Avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real):** nessa etapa, e com os algoritmos INS/PPP-TR devidamente implementados na placa controladora de tempo real, eles serão testados e comparados com as tradicionais soluções de posicionamento de precisão DGNSS, RGNSS e RTK, com vistas à demonstração da funcionalidade do sistema proposto (protótipo) em ambiente operacional (TRL 7). Novos ensaios experimentais serão conduzidos, em condições similares às apresentadas na etapa “g”, i.e., ensaios com veículos em trajetórias urbanas e rurais, e a solução de navegação fornecida pelo sistema INS/PPP-TR prototipado será armazenada (*logged*) para posterior análise. Eventuais inconsistências de processamento e/ou navegação serão identificadas e prontamente sanadas. Novamente, o objetivo global da etapa será determinar a capacidade do sistema proposto em atender à especificação SAE J2945 (SAE, 2016).
- l. **Divulgação/Proteção dos resultados e prestação de contas:** a equipe concentrará esforços no que diz respeito ao: (i) preparo e submissão de artigos em conferências e

periódicos especializados; (ii) defesa de dissertações de mestrado e teses de doutorado, relacionadas ao tema, conduzidas no âmbito do projeto; (iii) depósito de eventuais programas de computador e patentes, passíveis de proteção, desenvolvidos no âmbito do projeto; (iv) redação e submissão de relatório final à Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP).

6. Resultados Previstos

Com a consecução do projeto proposto, espera-se que os seguintes resultados sejam alcançados e/ou viabilizados no médio/longo prazo:

- Concepção (por parte da parceria UFPA/MWF Mechatronics) de um protótipo de sistema de posicionamento de precisão e baixo custo, com integração INS/GNSS via técnica PPP-TR, para veículos agrícolas conectados;
- Fomento ao desenvolvimento de sistemas de posicionamento de precisão em território brasileiro, com evidente relevância para a soberania nacional;
- Fomento ao desenvolvimento de subprodutos/subsistemas de segurança veicular e automação agrícola que dependem de soluções de posicionamento de precisão e baixo custo;
- Incentivo à expansão das atividades de Agricultura de Precisão (AP), em especial por parte de pequenos e médios agricultores, com consequente: a) aumento na produtividade dos cultivos, b) aumento na lucratividade dos empreendimentos agrícolas, c) geração de emprego e renda, d) aumento na qualidade dos alimentos, e) racionalização no uso de insumos/fertilizantes/defensivos, f) redução no dano/degradação do solo, g) melhoria generalizada na qualidade de vida dos produtores rurais;
- Incentivo à adesão, por parte da população, às tecnologias habilitadoras da solução proposta, em especial, o INS/PPP-TR, para posicionamento pessoal.
- Formação de recursos humanos especializados na área do projeto proposto, através da orientação de alunos graduação (Iniciações Científicas (IC) e Trabalhos de Conclusão



de Curso (TCC)), e pós-graduação (mestrados e doutorados), vinculados à Universidade Federal de Lavras (UFLA).

- Publicação de artigos científicos em periódicos especializados, bem como em conferências nacionais e internacionais, e em eventos de natureza tecnológica, com vistas à divulgação dos resultados obtidos, e à captação de recursos.
- Concepção de eventuais algoritmos inovadores, e consequente proteção intelectual dos mesmos, junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI);
- Capacitação técnica da equipe proponente, e consequente fortalecimento dos programas de pós-graduação dos quais ela faz parte, em especial, o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação (PPGESISA) e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), ambos da UFLA. Nesse sentido, espera-se que novas disciplinas de pós-graduação possam ser criadas, na área do projeto proposto.
- Fortalecimento/Expansão da rede de pesquisa internacional, através de colaborações informais já em andamento entre o coordenador geral e pesquisadores especialistas na área do projeto (como o Prof. Jay A. Farrell, da *University of California Riverside* (UCR)), com vistas à: submissão/consecução de projetos de pesquisa em conjunto; intercâmbio de alunos de graduação e pós-graduação; estabelecimento de missões de curta duração para professores/pesquisadores visitantes; publicação de artigos em periódicos especializados, também em conjunto;
- Fomento à transferência de tecnologia do setor público (UFLA) para o privado, com vistas à futura colocação de um produto comercial, tecnológico e inovador no mercado agrícola automotivo. Tal resultado está associado à já existente colaboração do coordenador geral com as empresas MWF Mechatronics Ltda. (MWF Mechatronics) e TDI Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda. (TDI), cujas ações de empreendedorismo inovador estão alinhadas com o projeto de pesquisa tecnológica aqui proposto.

De acordo com o *Technology Readiness Level* (TRL), padrão de mensuração empregado na avaliação da maturidade tecnológica de projetos de desenvolvimento tecnológico e/ou de inovação, o projeto proposto se encontra, atualmente, no nível 2 (formulação de conceitos

tecnológicos e/ou de aplicação). Com a consecução do mesmo, espera-se, em princípio, que o nível 7 do TRL seja alcançado (demonstração de protótipo do sistema em ambiente operacional).

7. Cronograma de Atividades

As atividades propostas no âmbito do projeto serão executadas conforme cronograma ilustrado na Tabela 2.

Tabela 2 – Cronograma de atividades.

Item*	Metas e Atividades	Duração Prevista	
		Início	Fim
		Mês/Ano	Mês/Ano
[5.a]	Revisão bibliográfica	01/2022	12/2024
[5.b]	Caracterização das correções PPP-TR	04/2022	06/2022
[5.c]	Coleta de dados estacionários	07/2022	09/2022
[5.d]	Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário estacionário)	10/2022	12/2022
[5.e]	Avaliação da latência das correções PPP-TR	01/2023	03/2023
[5.f]	Tratamento dos efeitos de multicaminho	04/2023	06/2023
[5.g]	Coleta de dados dinâmicos	07/2023	09/2023
[5.h]	Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário dinâmico)	10/2023	12/2023
[5.i]	Implementação/avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (ambiente Matlab®)	01/2024	03/2024
[5.j]	Implementação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real)	04/2022	06/2024
[5.k]	Avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real)	07/2024	09/2024



[5.1]	Divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas	01/2022	12/2024
-------	--	---------	---------

* Vide Seção 5.

8. Referências Bibliográficas

ANDERLE, R. J. Point positioning concept using precise ephemeris. **Satellite Doppler Positioning**. p. 47-75, 1976.

AVELAR, S. **Receptor da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) é instalado na UFPA**. Disponível em: <<https://ufpa.br/noticias/institucional/11974-receptor-da-rede-brasileira-de-moni-toramento-continuo-rbmc-e-instalado-na-ufpa>>. Acesso em: 07 jun. 2018.

BASNAYAKE, C.; JOERGER, M.; AULD, J. Safety-critical positioning for automotive applications: Lessons from civil aviation. **Inside GNSS**, 2016. Disponível em: <<https://insidegnss.com/safety-critical-positioning-for-automotive-applications/>>. Acesso em: 11 jul. 2018.

BRAASCH, M. S.; VAN DIERENDONCK, A. GPS receiver architectures and measurements. **Proc. of the IEEE**, v. 87, n. 1, p. 48–64, 1999.

CHATFIELD, A. B., **Fundamentals of High Accuracy Inertial Navigation**, Reston, VA: AIAA, 1997.

DE BAKKER, P. F.; TIBERIUS, C. C. Real-time multi-GNSS single-frequency precise point positioning. **GPS Solutions**, v. 21, n. 4, p. 1791–1803, 2017.

ENGE, P.; WALTER, T.; PULLEN, S.; KEE, C.; CHAO, Y. C.; TSAI, Y. J. Wide area augmentation of the global positioning system. **Proc. of the IEEE**, v. 84, n. 8, p. 1063–1088, 1996.

FARAH, A. Accuracy assessment study on UNB3M neutral atmosphere model for global tropospheric delay mitigation. **Artificial Satellites**, v. 40, n. 4, p. 201-2015, 2015.



FARRELL, J. A. **Aided Navigation: GPS with High Rate Sensors**. [S.l.]: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008.

FARRELL, J. A.; SILVA, F. O.; RAHMAN, F. S.; WENDEL, J. IMU Error Modeling for State Estimation and Calibration: A Tutorial. **IEEE Control Syst. Mag.**, Aceito para publicação, 2021.

GARCIA, V., ET AL. Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 2, Deployment Outreach Plan, Version 3 - WYDOT.” **US Department of Transportation**, Relatório Técnico, 10 mai. 2018.

GREWAL, M. S.; ANDREWS, A. P.; BARTONE, C. G. **Global Navigation Satellite Systems, Inertial Navigation & Integration**. [S.l.]: John Wiley & Sons, 2013.

GROVES, P. D. **Principles of GNSS, Inertial, and Multisensor Integrated Navigation Systems**. 2. ed. London: Artech House Remote Sensing Library, 2013.

JEKELI, C. **Inertial Navigation Systems with Geodetic Applications**. Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co., 2001.

JOHNSON, S., ET AL. Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 2, Data Management Plan – Tampa (THEA)” **US Department of Transportation**, Relatório Técnico, 07 out. 2017.

KAPLAN, E. D.; HEGARTY, C. J. **Understanding GPS-GNN: Principles and Applications**. 3. Ed. Norwood: Artech House, Inc., 2018.

KAZMIERSKI, K.; SANTOS, M.; BOSY, J. Tropospheric delay modeling for EGNOS augmentation system. **Survey Review**, V. 49, N. 357, P. 299-407, 2017.

KEE, C. Wide area differential GPS (WADGPS): Future navigation system. **IEEE T. Aero. Elec. Sys.**, v. 32, n. 2, p. 795–808, 1996.

KIM, M.; PARK, K. D. Development and positioning accuracy assessment of single-frequency precise point positioning algorithms by combining GPS code-pseudorange measurements with real-time SSR corrections. **Sensors**, v. 17. n. 6, p. 1347, 2017.



KOUBA, J. A guide to using International GNSS Service (IGS) products. **IGS Central Bureau**, Relatório Técnico, mai. 2009.

KRZAN, G.; PRZESTRZELSKI, P. GPS/GLONASS precise point positioning with IGS real-time service products. **Acta Geodyn. Geomater**, v. 13, n. 1, p. 69–81, 2016.

LI, W.; YUAN, Y.; OU, J.; LI, H.; LI, Z. A new global Zenith tropospheric delay model IGGtrop for GNSS applications. **Chinese science Bulletin**, V. 57, N. 17, P. 2132-2139, 2012.

MANNUCCI, A.; WILSON, B.; YUAN, D.; HO, C.; LINDQWISTER, U.; RUNGE, T. A global mapping technique for GPS-derived ionospheric total electron content measurements. **Radio Science**, v. 33, n. 3, p. 565–582, 1998.

MENDONZA, L. P. O. [IGSmail-7767] **Availability of near real-time TEC monitoring system for South America** [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por <lmendoza@fcaglp.unlp.edu.ar> em 10 abr. 2019.

MISRA, P.; ENGE. P. Special issue on Global Positioning System. **Proc. of the IEEE**, v. 87, v. 1, p. 3-15, 1999.

MONICO, J. F. G. **Posicionamento pelo GNSS: Descrição, Fundamentos e Aplicações**. São Paulo; Editora UNESP, 2008.

NOURELDIN, A.; KARAMAT, T. B.; GEORGES, J. **Fundamentals of Inertial Navigation, Satellite-based Positioning and their Integration**. [S.l.]: Springer, 2013.

PARKINSON, B. W.; ENGE, P.; AXELRAD, P.; SPILKER JR., J J. **Global Positioning System: Theory and Applications**. [S.l.]: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 1996.

PROL, F. S.; CAMARGO, P. O.; MONICO, J. F. G.; MUELLA, M. T. A. H. Assessment of a TEC calibration procedure by single-frequency PPP. **GPS Solutions**, v. 12, p. 100-112, 2018.

RAHMAN, F.; FARRELL, J. A. ECEF position accuracy and reliability in the presence of differential correction latency. **Proc. of the IEEE Position, Location and Navigation Symp.**, p. 583-588, 2018.



RAHMAN, F.; SILVA, F. O.; JIANG, Z.; FARRELL, J. A. ECEF position accuracy and reliability: continent scale differential GNSS approaches. **University of California Riverside**. Relatório Técnico, 17 jun. 2019.

RAHMAN, F.; SILVA, F. O.; JIANG, Z.; FARRELL, J. A. Low-Cost Real-Time PPP-aided for CAV Applications. **IEEE T. on Intell. Transp. Syst.** Em revisão, 2020.

SAE. On-Board System Requirements for V2V Safety Communications. **Society of Automotive Engineers**, Relatório Técnico, 30 mar. 2016.

SEGANTINE, P. L. C. **Sistema Global de Posicionamento – GPS**. 1. ed. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP, 2005.

SILVA, F. O.; HEMERLY, E. M.; LEITE FILHO, W. C. Error analysis of analytical coarse alignment formulations for stationary SINS. **IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems**, v. 52, n. 4, p. 1777-1796, 2016.

SILVA, F. O.; HEMERLY, E. M.; LEITE FILHO, W. C.; KUGA, H. K. A Fast In-Field Coarse Alignment and Bias Estimation Method for Stationary Intermediate-Grade IMUs. **IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement**, v. 67, n. 4, p. 831-838, 2018.

TETESKY, A.; ROSS, J.; SOLTZ, A.; VAUGHN, N.; ANSZPERGER, J.; O'BRIEN, C.; GRAHAM, D.; CRAIG, D.; LOZOW, J. Making sense of inter-signal corrections: accounting for GPS satellite calibration parameters in legacy and modernized ionosphere correction algorithms. **Inside GNSS**, v. July-August, n. 1, p. 37–48, 2009.

TEUNISSEN, P.; MONTENBRUCK, O. **Springer Handbook of Global Navigation Satellite Systems**. [S.l.]: Springer, 2017.

TITTERTON, D. H.; WESTON, J. L. **Strapdown Inertial Navigation Technology**. Reston: Institution of Electrical Engineers, 2004.

VAN DUREN, D., ET AL. Connected Vehicle Pilot Deployment Program Phase 2, Data Privacy Plan – New York City. **US Department of Transportation**, Relatório Técnico, 27 dec. 2016.

Dados Gerais do Projeto		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021	
Linha temática:	Desenvolvimento de Tecnologias para Automação de Veículos Agrícolas		
Duração (em meses):	36		
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados		
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)		

1. Instituições Participantes

Nº	Financiadora	SIGLA	Classificação no projeto
1	Fundação do Desenvolvimento da Pesquisa	FUNDEP	Instituição Coordenadora

1.1 ICTs

Nº	ICT Participante	SIGLA	Classificação no projeto
1	Universidade Federal de Lavras	UFLA	ICT Proponente

1.2 Empresas

Nº	Empresa Participante	SIGLA	Classificação no projeto
1	MWF Mechatronics Ltda.	MWF Mechatronics	Empresa

1.3 Instituições Gestoras

Nº	Instituição Gestora	SIGLA	Custo Administrativo
1	Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural	FUNDECC	0,1000

Antes de informar os dados da coordenação, preencher as informações de equipe na próxima aba.

1.4 Coordenação

Coordenador Geral	ICT	e-mail	Telefone	CPF
Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	UFLA	felipe.oliveira@ufla.br	(35)99139-0205	099.606.456-73

Coordenadores Associados (1)	ICT ou empresa	e-mail	Telefone	CPF
Rogério Paes Menezes Filho (8hr/semana)	MWF Mechatronics	MWF Mechatronics	(22) 3233-1611	149.773.967-58

Equipe Executora	Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana) Proponente: Universidade Federal de Lavras	

1.5 Equipe executora

Nº	Nome	Formação	Função na equipe	ICT ou empresa	e-mail	Currículo Lattes	Etapas físicas vinculadas											
							1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Coordenador	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	Doutor(a)	Coordenador	UFLA	felipe.oliveira@ufla.br	http://lattes.cnpq.br/9770219134901991												
1	Daniilo Alves de Lima (2hr/semana)	Doutor(a)	Pesquisador	UFLA	daniilo.delima@ufla.br	http://lattes.cnpq.br/8231212078243188												
2	Gabriel Araújo e Silva Ferraz (2hr/semana)	Doutor(a)	Pesquisador	UFLA	gabriel.ferraz@ufla.br	http://lattes.cnpq.br/3594807524148486												
3	Fábio Moreira da Silva (2hr/semana)	Doutor(a)	Pesquisador	UFLA	famsilva@ufla.br	http://lattes.cnpq.br/0388727923854927												
4	Gleydson Antônio de Oliveira Campos (2hr/semana)	Graduado(a)	Técnico	UFLA	gleydson.campos@ufla.br	http://lattes.cnpq.br/9897957320569407												
5	Bolsista de Doutorado (40hr/semana)	Mestre(a)	Bolsista - Doutorando	UFLA	gustavo.carvalho8@estudante.ufla.br	http://lattes.cnpq.br/9299168791919378												
6	Bolsista de Mestrado (1) (40hr/semana)	Graduado(a)	Bolsista - Mestrando	UFLA	ludmila.oliveira@estudante.ufla.br	http://lattes.cnpq.br/5492760069426426												
7	Bolsista de Mestrado (2) (40hr/semana)	Graduado(a)	Bolsista - Mestrando	UFLA	nilson.junior@estudante.ufla.br	http://lattes.cnpq.br/4849099964390929												
8	Bolsista de Mestrado (3) (40hr/semana)	Graduado(a)	Bolsista - Mestrando	UFLA	geordan.oliveira@estudante.ufla.br	http://lattes.cnpq.br/6597986894169784												
9	Bolsista de Mestrado (4) (40hr/semana)	Graduado(a)	Bolsista - Mestrando	UFLA	ramonnunes@poli.ufrj.br	http://lattes.cnpq.br/6775502680635972												
10	Rogério Paes Menezes Filho (8hr/semana)	Mestre(a)	Técnico	MWF Mechatro	rogerio@mwf-services.com	http://lattes.cnpq.br/9292745900969430												
11	Alexandre Carvalho Leite (4hr/semana)	Doutor(a)	Técnico	MWF Mechatro	alexandre@mwf-services.com	http://lattes.cnpq.br/8959501821057929												
12	Bolsista de Incentivo à Inovação II (40hr/semana)	Graduado(a)	Técnico	UFLA	N/A	N/A												

Cronograma de Atividades		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados	
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

Cod. Etapa	Etapa	Descrição da etapa	Entrega prevista / Resultado Esperado	Validadores da entrega/resultado	Mês início da etapa	Mês término da etapa	Duração da etapa	Responsável pela atividade
Número etapa	Título da etapa	Descrever o que será realizado na etapa	Informar quais são os resultados previstos nesta etapa	Informar a referência para considerar a etapa como concluída	Informar o mês de início	Informar o mês de término	Mínimo um mês	Nome do Responsável ou bolsista
a	Revisão bibliográfica	A equipe (coordenador geral, coordenador associado, pesquisadores, alunos e colaboradores) concentrará esforços no estudo, compreensão teórica, e estado da arte das atuais técnicas relacionadas ao PPP-TR. Serão recapitulados também, os principais algoritmos de estimação de posição, baseados nas observáveis GNSS (em especial, pseudo-distâncias), bem como os principais erros (de modo comum e não-comum) que corrompem as anteriores. Em particular, investigar-se-á a natureza de tais erros, bem como modelos/algoritmos tipicamente usados para mitigá-los. Por fim, serão estudadas as principais características de IMUs, algoritmos de calibração de sensores inerciais, técnicas de inicialização (alinhamento) de INS, e topologias de integração de INS com sensores auxiliares. Dar-se-á especial enfoque à: (i) técnica de modelagem estocástica de sensores inerciais conhecida como Variância de Allan (AV); (ii) estudo da propagação de erros em INS; (iii) topologias de integração INS/barômetro (usadas para estabilizar o canal vertical do sistema); e (iv) topologias de integração INS/GNSS dos tipos fracamente e fortemente acopladas. Simulações computacionais baseadas em dados fictícios de sensores/receptores deverão ser concebidas, para fins de teste e validação dos algoritmos estudados	Espera-se que sejam redigidos documentos contendo as revisões da literatura e atual estado da arte relacionados a INS, GNSS e PPP-TR, bem como gráficos de simulações computacionais	Revisão bibliográfica finalizada, documentos redigidos e simulações concebidas	1	36	35	Bolsista de Mestrado (2) (40hr/semana)
b	Caracterização das correções PPP-TR	A equipe investigará e compreenderá a natureza das correções fornecidas pelo IGS e FCAG-UNLP. Nessa etapa, deverá ser entendido o formato através do qual as correções são fornecidas (RINEX, SSR, IONEX, ANTEX, SINEX, etc.), os modelos a serem usados nas compensações, e a eventual necessidade de se aplicar correções adicionais, devido por exemplo, à existência de: (i) Differential Code Biases (DCBs) nos relógios dos satélites (TETEWISKY ET AL., 2009), (ii) desvios nos centros de fase (phase center offsets) nas antenas dos receptores e satélites, (iii) movimentação da crosta terrestre devido à atração solar e lunar (solid Earth tides), (iv) diferentes sistemas de representação de coordenadas empregados (WGS84, ITRF, SIRGAS, etc.), (v) imprecisão dos modelos de atraso troposférico adotados, (vi) entre outros. Especificamente no que diz respeito às correções fornecidas pelo IGS (para os erros de relógio dos satélites e erros de efemérides), deverão ser concebidos algoritmos capazes de decodificar as correções e adaptá-las ao formato necessário para processamento em ambiente Matlab®, e (futuramente) em uma placa controladora de tempo real. Dever-se-á atentar, especialmente, para a necessidade de interpolação temporal das correções, e eventuais efeitos de latência nas mesmas. No que diz respeito às correções fornecidas pela FGAC-UNLP (para os erros de atraso ionosféricos), dever-se-á também atentar para a necessidade de interpolação espacial das correções (uma vez que essas são, em geral, fornecidas em formato de grid points), bem como para o cômputo/aplicação dos chamados fatores de inclinação/obliquidade (slant). Tais fatores são importantes pois compensam o fato dos sinais GNSS incidirem sobre a ionosfera sob ângulos de incidência que dependem da elevação dos satélites com relação ao receptor do usuário, o que modifica a magnitude do atraso imposto aos mesmos	Espera-se que sejam redigidos documentos contendo os modelos adequados a se implementar no âmbito de PPP-TR	Modelo caracterizado e documentos redigidos	4	7	3	Bolsista de Mestrado (1) (40hr/semana)

Cronograma de Atividades		Programa: ROTA 2030- FUNDEP
		Eixo II - CONSEV
		Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados	
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

Cod. Etapa	Etapa	Descrição da etapa	Entrega prevista / Resultado Esperado	Validadores da entrega/resultado	Mês início da etapa	Mês término da etapa	Duração da etapa	Responsável pela atividade
c	Coleta de dados estacionários	A equipe utilizará o software gratuito BKG Ntrip Client (BNC), concebido pela BKG, para coletar, em tempo real, dados de observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), mensagens de navegação (efemérides transmitidas), e correções PPP-TR. Nessa etapa, as observáveis GNSS a serem coletadas (em especial, pseudo-distâncias) deverão corresponder a receptores de alta qualidade pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em especial ao receptor recentemente (2018) instalado na Universidade Federal de Lavras (UFLA) (AVELAR, 2018). As correções associadas aos atrasos ionosféricos deverão ser coletadas diretamente no servidor da FCAG-UNLP. Após coletadas, as observáveis/correções deverão ser adaptadas para uso, conforme algoritmos concebidos na etapa anterior. Adicionalmente, também deverão ser coletados dados de magnetômetros e sensores inerciais de diferentes qualidades (módulos u-blox C102-F9R, X-Sens MTI-7 e X-Sens MTI-680G), em condição estacionária. Os sensores deverão ser montados em marcos geodésicos existentes no campus da UFLA, cujas coordenadas são conhecidas com precisão centimétrica, de forma a facilitar o posterior tratamento dos dados	Espera-se que sejam coletados dados de sensores INS, observáveis GNSS e correções PPP-TR, de forma a se criar um banco de dados	Dados, observáveis e correções coletadas e banco de dados consolidado	7	10	3	Gleydson Antônio de Oliveira Campos (2hr/semana)
d	Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário estacionário)	De posse dos dados/correções GNSS coletados, a equipe deverá implementar algoritmos de estimação PPP-TR, em ambiente Matlab®, mas de forma pós-processada. Nessa etapa, por exemplo, poderão ser investigados algoritmos via Mínimos Quadrados Iterado (ILS), Mínimos Quadrados Iterado Ponderado (WILS), e Filtro de Kalman (KF). A utilização de pseudo-distâncias diferenciadas entre satélites também poderá ser investigada, como forma de se eliminar a necessidade de estimação dos erros de relógio dos receptores, como parte dos algoritmos. O desempenho dos algoritmos PPP-TR para diferentes constelações GNSS, bem como diferentes modelos de compensações troposféricas, também deverá ser analisado nessa etapa. Paralelamente, os dados coletados dos sensores inerciais serão usados para caracterização dos erros estocásticos existentes nos mesmos, via técnica da AV. Serão implementados, também em ambiente Matlab®, algoritmos de navegação inercial, e investigada a influência dos seguintes fatores na degradação da respectiva solução de navegação: (i) etapa de inicialização/alinhamento do INS; e (ii) qualidade dos sensores inerciais. Para a etapa de alinhamento, em particular, dever-se-á recorrer a técnicas baseadas em informações auxiliares de magnetômetros, o que demandará, necessariamente, a implementação de técnicas de calibração (em campo) desses sensores	Espera-se identificar inconsistências nas estimativas, permitir a validação da adequação dos algoritmos testados, e fornecer bases de comparabilidade entre diferentes abordagens de estimação.	Scripts implementados (contendo os algoritmos INS, GNSS e PPP-TR) e gráficos comparativos plotados	10	13	3	Bolsista de Doutorado (40hr/semana)
e	Avaliação da latência das correções PPP-TR	De posse dos dados coletados, a equipe deverá conduzir estudos relacionados à degradação da estimação de posicionamento, em função do tempo existente entre a geração das correções PPP-TR, e sua efetiva aplicação. Nessa etapa, poderão ser investigadas também, questões como a perda de precisão da solução de posicionamento, quando da existência de observáveis GNSS corrompidas (outliers)	Espera-se simular o efeito de eventuais atrasos, perdas e/ou falhas de transmissão das correções, devido às limitações físicas das redes de comunicação, passíveis de ocorrer em uma aplicação PPP-TR real.	Gráficos avaliativos (precisão do posicionamento em função da latência das correções) plotados	13	16	3	Gabriel Araújo e Silva Ferraz (2hr/semana)

Cronograma de Atividades		Programa: ROTA 2030- FUNDEP
		Eixo II - CONSEV
		Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados	
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

Cod. Etapa	Etapa	Descrição da etapa	Entrega prevista / Resultado Esperado	Validadores da entrega/resultado	Mês início da etapa	Mês término da etapa	Duração da etapa	Responsável pela atividade
f	Tratamento dos efeitos de multicaminho	Uma vez finalizada a etapa anterior, estratégias de estimação inovadoras, envolvendo por exemplo, a modelagem dos efeitos de multicaminho do GNSS, como elementos adicionais no vetor de estados do KF, também poderão ser investigadas. Nesse sentido, e caso disponibilizado pelos receptores GNSS empregados, também poderá ser investigado o uso das observáveis deslocamento na frequência (Doppler) da onda portadora, como forma de auxiliar a estimação dos efeitos de multicaminho (RAHMAN; FARRELL, 2018). Dentre outras técnicas que poderão ser investigadas, destacam-se: (i) tratamento do multicaminho via filtragem espectral dos sinais GNSS; e (ii) tratamento via combinação de pseudo-distâncias e fases da onda portadora	Espera-se identificar o efeito prejudicial dos erros de multicaminho na solução PPP-TR proposta, bem como métodos de compensação	Gráficos avaliativos (precisão do posicionamento em função das diferentes técnicas de mitigação do multicaminho) plotados	16	19	3	Danilo Alves de Lima (2hr/semana)
g	Coleta de dados dinâmicos	A equipe conduzirá ensaios experimentais, de forma a coletar uma nova massa de dados (leitura de sensores inerciais, observáveis/mensagens de navegação GNSS e correções PPP-TR), agora para um veículo em movimento. Nessa etapa, deverão ser utilizados: (i) protótipos de veículos terrestres autônomos, em escala reduzida, pertencentes ao Laboratório do Núcleo de Estudos em Tecnologia, Robótica, Otimização e Inteligência Artificial (TROIA), e ao Laboratório de Mobilidade Terrestre (LMT), coordenados pela equipe proponente; (ii) veículos terrestres automotivos, disponibilizados pela ICT proponente. Como receptores GNSS, deverão ser utilizados o seguintes modelos: (i) o receptor GNSS Spectra SP60 L1/L2 RTK, de dupla frequência, para o estabelecimento das trajetórias de referência (ground truth); (ii) o receptor Trimble AgGPS™ 114, o qual é adicionalmente equipado com um receptor DGNSS, e para o qual correções diferenciais podem ser fornecidas, via assinatura, pelas empresas Omnistar e Racal; (iii) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox NEO-M8U, que combina observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou) em simples frequência com medições de sensores inerciais; (iv) os módulos de navegação integrada INS/GNSS X-Sens MTi-7 e MTi-680G RTK, que além de fornecerem uma solução INS/GNSS comercial para comparação com os algoritmos a serem implementados, também disponibilizam medições adicionais de magnetômetros e barômetro; (v) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox C102-F9R, que é capaz de adquirir sinais GNSS de várias frequências e constelações. As correções necessárias ao PPP-TR ainda serão coletadas via software BNC, e servidor proprietário da FCAG-UNLP. Diferentes trajetórias para os veículos deverão ser ensaiadas, tanto em ambiente urbano quanto rural. No que tange especificamente a esse último, dar-se-á preferência à execução de trajetórias por entre fileiras de lavouras agrícolas, uma vez que a principal aplicação do sistema proposto é nesse tipo de ambiente	Espera-se que sejam coletadas observáveis GNSS e correções PPP-TR, de forma a se criar um banco de dados	Dados, observáveis e correções coletadas e banco de dados consolidado	19	22	3	Fábio Moreira da Silva (2hr/semana)
h	Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário dinâmico)	De posse dos novos dados coletados, a equipe os utilizará nos algoritmos previamente investigados, ainda em ambiente Matlab®, e de forma pós-processada. Nessa etapa, serão comparados os desempenhos (em termos de precisão) da solução PPP-TR proposta em relação aos tradicionais INS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS e RTK. Para geração das trajetórias de referência, as observáveis dos receptores GNSS de dupla frequência deverão ser processadas por um software de PPP-PP, a princípio o Canadian Spatial Reference System (CSRS). Em particular, investigar-se-á a capacidade das soluções testadas em atender a especificações do setor automotivo, tais como a SAE J2945 (SAE, 2016)	Espera-se identificar inconsistências nas estimativas, permitir a validação da adequação dos algoritmos testados, e fornecer bases de comparabilidade entre diferentes abordagens de estimação.	Scripts implementados (contendo os algoritmos PPP-TR) e gráficos comparativos plotados	22	25	3	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)

Cronograma de Atividades		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados	
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

Cod. Etapa	Etapa	Descrição da etapa	Entrega prevista / Resultado Esperado	Validadores da entrega/resultado	Mês início da etapa	Mês término da etapa	Duração da etapa	Responsável pela atividade
i	Implementação/avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (ambiente Matlab®)	Nessa etapa, e de posse dos dados dinâmicos coletados, a equipe concentrará esforços na concepção e implementação (em ambiente Matlab®) de algoritmos de fusão sensorial entre a solução GNSS PPP-TR concebida, e o INS. Deverá ser investigado o desempenho (em termos de exatidão/precisão) das principais topologias de integração INS/GNSS, a saber, topologias fracamente e fortemente acopladas, com relação às tradicionais soluções INS (não auxiliado), GNSS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS, RTK, e PPP-TR. Em particular, dar-se-á ênfase na comparação dos desempenhos das soluções anteriores, em situações com reconhecida perda de recepção dos sinais GNSS por parte do receptor (outages), bem como latência no recebimento das correções PPP-TR. Novamente, o objetivo será determinar a capacidade das soluções testadas em atender à especificação SAE J2945 (SAE, 2016)	Espera-se identificar inconsistências nas estimativas, permitir a validação da adequação dos algoritmos testados, e fornecer bases de comparabilidade entre diferentes abordagens de estimação.	Scripts implementados (contendo os algoritmos INS/PPP-TR) e gráficos comparativos plotados	25	28	3	Rogério Paes Menezes Filho (8hr/semana)
j	Implementação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real)	Nessa etapa, e com os algoritmos devidamente testados e validados em ambiente Matlab®, passar-se-á à implementação dos mesmos em uma placa controladora de tempo real, a princípio, a plataforma qFire 1XXU (de fabricação do próprio grupo MWF). Nessa etapa, deverão ser investigadas questões como: protocolos de comunicação entre os receptores GNSS de baixo custo (possivelmente o módulo u-Blox C102-F9R) e a placa controladora; configuração do software BNC na placa controladora; acesso da placa à internet, via hardwares específicos, para aquisição das correções PPP-TR; comunicação da placa com um dispositivo remoto (computador ou celular), para fins de monitoramento da posição do sistema, etc. Placas controladoras de tempo real diferentes da supracitada poderão, eventualmente, ser empregadas nessa etapa, caso atendam aos requisitos de processamento necessários, e sejam de menor custo	Espera-se iniciar a etapa de implementação dos algoritmos concebidos em uma placa de tempo real, com vistas à efetiva operacionalidade do protótipo.	Protótipo operacional concebido	28	31	3	Bolsista de Incentivo à Inovação II (40hr/semana)
k	Avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real)	Nessa etapa, e com os algoritmos INS/PPP-TR devidamente implementados na placa controladora de tempo real, eles serão testados e comparados com as tradicionais soluções de posicionamento de precisão DGNSS, RGNSS e RTK, com vistas à demonstração da funcionalidade do sistema proposto (protótipo) em ambiente operacional (TRL 7). Novos ensaios experimentais serão conduzidos, em condições similares às apresentadas na etapa "g", i.e., ensaios com veículos em trajetórias urbanas e rurais, e a solução de navegação fornecida pelo sistema INS/PPP-TR prototipado será armazenada (logged) para posterior análise. Eventuais inconsistências de processamento e/ou navegação serão identificadas e prontamente sanadas. Novamente, o objetivo global da etapa será determinar a capacidade do sistema proposto em atender à especificação SAE J2945 (SAE, 2016)	Espera-se validar a etapa de implementação dos algoritmos concebidos em uma placa de tempo real	Gráficos comparativos (do desempenho da solução PPP-TR em relação às tradicionais DGNSS, RGNSS, e RTK) plotados	31	34	3	Alexandre Carvalho Leite (4hr/semana)
l	Divulgação/Proteção dos resultados e prestação de contas	A equipe concentrará esforços no que diz respeito ao: (i) preparo e submissão de artigos em conferências e periódicos especializados; (ii) defesa de dissertações de mestrado e teses de doutorado, relacionadas ao tema, conduzidas no âmbito do projeto; (iii) depósito de eventuais programas de computador e patentes, passíveis de proteção, desenvolvidos no âmbito do projeto; (iv) redação e submissão de relatório final à Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP)	Espera-se que ao menos quatro dissertações de mestrado e uma tese de doutorado sejam conduzidas no âmbito do projeto, bem como sejam publicados ao menos seis artigos em conferências nacionais e internacionais, e três artigos em periódicos especializados. Espera-se também que eventuais algoritmos desenvolvidos sejam submetidos a proteção intelectual.	Dissertações e teses defendidas, artigos aprovados/publicados e programas de computadores encaminhados para proteção intelectual	34	36	2	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)

Orçamento

Programa: ROTA 2030- FUNDEP
Eixo II - CONSEV
Chamada: 02/2021

Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com
Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)
Proponente: Universidade Federal de Lavras

Orçamento FUNDEP		
1	Custeio	R\$ 761.590,00
1.1	Pessoal	R\$ 590.400,00
1.1.1	Bolsas	R\$ 590.400,00
1.1.2	CLT	R\$ 0,00
1.2	Viagens	R\$ 31.500,00
1.2.1	Passagens	R\$ 0,00
1.2.2	Diárias	R\$ 31.500,00
1.3	Material de consumo	R\$ 0,00
1.4	Serviços de Terceiros	R\$ 66.000,00
1.5	Custos Administrativos	R\$ 73.690,00
2	Capital	R\$ 49.000,00
2.1	Material permanente	R\$ 49.000,00
2.2	Obras	R\$ 0,00
Total		R\$ 810.590,00

Distribuição do recurso da Fundep		
Item	Percentual	
Bolsas de Formação	38,64%	
Bolsas de Incentivo a Inovação e Pós-doutorado	34,20%	
Material permanente	6,04%	
Obras	0,00%	
CLT	0,00%	

Instruções	
O campo "Gestora" deve ser selecionado na seção "Orçamento por Instituição" para cálculo dos custos administrativos.	
Os demais dados são atualizados conforme as demais abas são preenchidas.	

Custo Administrativo por Gestora:		
FUNDECC	R\$	73.690,00
0	R\$	-
0	R\$	-
0	R\$	-
0	R\$	-

Valores do projeto	
Aporte Fundep	R\$ 810.590,00
Contrapartidas	R\$ 273.672,84
Valor Global	R\$ 1.084.262,84

Distribuição do recurso FUNDEP por ICT													
Instituição:		UFLA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Total
Gestora:		FUNDECC											
1	Custeio	R\$ 761.590,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 761.590,00
1.1	Pessoal	R\$ 590.400,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 590.400,00
1.1.1	Bolsas	R\$ 590.400,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 590.400,00
1.1.2	CLT	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.2	Viagens	R\$ 31.500,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 31.500,00
1.2.1	Passagens	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.2.2	Diárias	R\$ 31.500,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 31.500,00
1.3	Material de consumo	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.4	Serviços de Terceiros	R\$ 66.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 66.000,00
1.5	Custos Administrativos	R\$ 73.690,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 73.690,00
2	Capital	R\$ 49.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 49.000,00
2.1	Material permanente	R\$ 49.000,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 49.000,00
2.2	Obras	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
Total		R\$ 810.590,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 810.590,00

Programa: ROTA 2030- FUNDEP
Eixo II - CONSEV
Chamada: 02/2021

Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)
Proponente:	Universidade Federal de Lavras

[illegible]

ICT	Contrapartida Econômica	Contrapartida Financeira	Representatividade
UFLA	R\$ 94.216,84	R\$ 0,00	12%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
0	R\$ 0,00	R\$ 0,00	0%
	R\$ 94.216,84	R\$ 0,00	12%

Total de contrapartidas	Contrapartida Econômica	Contrapartida Financeira	Representatividade
	R\$ 246.672,84	R\$ 27.000,00	34%

Bolsas		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados		
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

4.1 Elemento de Despesa: Bolsas

4.1.1 Bolsas de formação - Técnico, Graduação, Mestrado e Doutorado

Nº	Modalidade da bolsa (1)	Recebedor	Valor (R\$) (2)	ICT Recebedora (3)	Período (em meses)(4)	Dedicação semanal (em horas)	Valor (R\$)
1	Doutorado (BD)	Bolsista de Doutorado (40hr/semana)	3100	UFLA	36	40	111.600,00
2	Mestrado (BM)	Bolsista de Mestrado (1) (40hr/semana)	2100	UFLA	24	40	50.400,00
3	Mestrado (BM)	Bolsista de Mestrado (2) (40hr/semana)	2100	UFLA	24	40	50.400,00
4	Mestrado (BM)	Bolsista de Mestrado (3) (40hr/semana)	2100	UFLA	24	40	50.400,00
5	Mestrado (BM)	Bolsista de Mestrado (4) (40hr/semana)	2100	UFLA	24	40	50.400,00
TOTAL							313.200,00

4.1.2 Bolsas de Pós-Doutorado e de Incentivo à Inovação

Nº	Modalidade da bolsa (1)	Recebedor	Valor (R\$) (2)	ICT Recebedora (3)	Período (em meses)(4)	Dedicação semanal (em horas)	Valor (R\$)
1	Coord. geral(COG)	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	6200	UFLA	36	8	223.200,00
2	Bolsista de Incentivo à Inovação V	Daniilo Alves de Lima (2hr/semana)	1500	UFLA	36	2	54.000,00
TOTAL							277.200,00

VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA							590.400,00
---	--	--	--	--	--	--	-------------------

Diárias		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados	
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

7. Elemento de Despesa: Diárias

Nº	Tipo	Finalidade/Justificativa (1)	ICT Recebedora (2)	Valor unitário	Quant. Dias	Quant. Pessoas	Valor (R\$)
1	Diárias Internacionais	Apresentação de artigos científicos redigidos no âmbito do projeto e submetidos em conferências internacionais, e participação em cursos de capacitação	UFLA	R\$ 1.500,00	21	1	R\$ 31.500,00
VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA							31.500,00

Serviços de terceiros		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas	
Coordenador:	Conectados	
Proponente:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
	Universidade Federal de Lavras	

9. Elemento de Despesa: Serviços de Terceiros

9.1 Serviços de Terceiros Pessoa Jurídica

Nº	Descrição do Item	Finalidade/Justificativa (1)	ICT Recebedora (2)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
1	Taxas de publicação em periódicos	Publicação e apresentação de artigos	UFLA	9.000,00	3	27.000,00
2	Taxa de inscrição em curso de	Capacitação de integrantes da equipe	UFLA	18.000,00	1	18.000,00
3	Licença do software Matlab	Software a ser empregado na grande	UFLA	7.000,00	3	21.000,00
Total						66.000,00

O valor total de cada item, nos serviços de terceiro pessoa física, deve considerar todos os encargos necessários para realizar o pagamento de autônomo. Todas essas despesas devem demonstradas quando da prestação de contas do projeto.

9.2 Serviços de Terceiros Pessoa Física

Nº	Descrição do Item	Finalidade/Justificativa (1)	ICT Recebedora (2)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
1						0,00
Total						0,00

VALOR TOTAL DOS ELEMENTOS DE DESPESA	66.000,00
--------------------------------------	-----------

Material Permanente		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título:	Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS	
Coordenador:	Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente:	Universidade Federal de Lavras	

10. Elemento de Despesa: Material permanente

10.1 Material permanente nacional

Nº	Descrição do item	Finalidade/Justificativa (1)	ICT Recebedora (2)	Valor unitário	Quant.	Valor (R\$)
1	Kit de desenvolvimento INS/GNSS RTK Xsens	O módulo será usado como padrão de referência (ground-truth) comercial para fins de comparação com o protótipo do sistema INS/PPP-TR a ser desenvolvido (cotação em anexo)	UFLA	35.000,00	1	35.000,00
2	Computadores	Os computadores serão utilizados para equipar o laboratório da ICT envolvida, e viabilizar as atividades da equipe técnica	UFLA	7.000,00	2	14.000,00
Total Nacional						49.000,00

10.2 Material permanente importado

Nº	Descrição do item	Finalidade/Justificativa (1)	ICT Recebedora (2)	Valor unitário em moeda estrangeira	Quant.	Moeda	Câmbio	Valor (R\$)
1								0,00
Total Importado								0,00

VALOR TOTAL DO ELEMENTO DE DESPESA	49.000,00
---	------------------

Contrapartidas Econômicas

Programa: ROTA 2030- FUNDEP
Eixo II - CONSEV
Chamada: 02/2021

Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados
Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)
Proponente: Universidade Federal de Lavras

12.1 Contrapartidas das EMPRESAS

Nº	Descrição do item	Aplicação no projeto	Valor unitário	Quant.	Unidade	Tipo (6)	Rubrica	Recurso (5)	Valor (R\$)	% de custos Administrativos	Valor dos custos Administrativos (permitido apenas para contrapartida Financeira)	Valor Total (R\$)
1	Remuneração de profissional categoria Pesq1 (Rogério Paes Menezes Filho)	Coordenação associada do projeto no âmbito da MWF Mechatronics; execução de atividades de gestão técnica; auxílio na etapa de coleta de dados dinâmicos; auxílio na etapa de implementação e avaliação dos algoritmos PPP-TR em cenário dinâmico; coordenação da etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em ambiente Matlab; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas	72,00	1152	hora Home	Econômica	Despesa de custeio	MWF Mechatronics	82.944,00		0,00	82.944,00
2	Remuneração de profissional categoria Pesq3 (Alexandre Carvalho Leite)	Auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; coordenação da etapa de avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de divulgação/preteção dos resultados e prestação de contas; prospecção de parcerias produtivas para inserção da solução propostas no mercado automotivo agrícola	112,00	576	hora Home	Econômica	Despesa de custeio	MWF Mechatronics	64.512,00		0,00	64.512,00
3	Plataforma controladora de tempo real qFire 1XXU da MWF Dynamics	A plataforma controladora será utilizada para implementação dos algoritmos INS/PPP-TR desenvolvidos e para fins de validação operacional do protótipo desenvolvido. Memorial de cálculo: equipamento de uso exclusivo do projeto, conforme item 6.11 do manual de operações	5.000,00	1	Unidade	Econômica	Material permanente	MWF Mechatronics	5.000,00		0,00	5.000,00
4	Bolsa de Incentivo à Inovação II	A bolsa será destinada à alocação de um profissional graduado (não pertencente à MWF Mechatronics) com especialização completa, e/ou mestrado em andamento, para auxiliar nas etapas de implementação e avaliação dos algoritmos desenvolvidos em uma placa controladora de tempo real	1.500,00	18	Unidade	Financeira	Despesa de custeio	MWF Mechatronics	27.000,00		0,00	27.000,00
Total									179.456,00		0,00	179.456,00

Contrapartidas Econômicas		Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021
Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados		
Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)		
Proponente: Universidade Federal de Lavras		

12.2 Contrapartidas das ICTs

Nº	Descrição do item	Aplicação no projeto	Valor unitário	Quant.	Unidade	Tipo (6)	Rubrica	Recurso (5)	Valor (R\$)	% de custos Administrativos	Valor dos custos Administrativos (permitido apenas para contrapartida Financeira)	Valor Total (R\$)
1	Remuneração de profissional categoria Pesq3 (Felipe Oliveira e Silva)	Coordenação geral do projeto; auxílio na etapa de revisão bibliográfica; auxílio na etapa de caracterização das correções PPP-TR; auxílio na etapa de coleta de dados estacionários; auxílio na etapa de implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR em cenário estacionário; auxílio na etapa de avaliação da latência das correções PPP-TR; auxílio na etapa de tratamento dos efeitos de multicaminho; auxílio na etapa de coleta de dados dinâmicos; coordenação da etapa de implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR em cenário dinâmico; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em ambiente Matlab; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; coordenação da etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas; Orientação de dissertação de mestrado e tese de doutorado; Redação de artigos para submissão em conferências e periódicos indexados;	-	1152	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	0,00		0,00	0,00
2	Remuneração de profissional categoria Pesq3 (Danilo Alves de Lima)	Coordenação associada do projeto no âmbito da UFLA; auxílio na etapa de revisão bibliográfica; coordenação da etapa de tratamento dos efeitos de multicaminho; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em ambiente Matlab; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas; co-orientação de dissertação de mestrado; auxílio na redação de artigos para submissão em conferências e periódicos indexados	-	288	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	0,00		0,00	0,00
3	Remuneração de profissional categoria Pesq3 (Gabriel Araújo e Silva Ferraz)	Auxílio na etapa de revisão bibliográfica; coordenação da etapa de avaliação da latência das correções PPP-TR; auxílio na etapa de coleta de dados dinâmicos; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas; co-orientação de dissertação de mestrado e tese de doutorado; auxílio na redação de artigos para submissão em conferências e periódicos indexados	112,00	288	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	32.256,00		0,00	32.256,00

Contrapartidas Econômicas	Programa: ROTA 2030- FUNDEP
	Eixo II - CONSEV
	Chamada: 02/2021
Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados	
Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)	
Proponente: Universidade Federal de Lavras	

4	Remuneração de profissional categoria Pesq3 (Fábio Moreira da Silva)	Auxílio na etapa de revisão bibliográfica; auxílio na etapa de coleta de dados estacionários; coordenação da etapa de coleta de dados dinâmicos; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas; co-orientação de dissertação de mestrado e tese de doutorado; auxílio na redação de artigos para submissão em conferências e periódicos indexados;	112,00	288	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	32.256,00	0,00	32.256,00
5	Remuneração de profissional categoria Aux2 (Gleydson Antônio de Oliveira Campos)	Auxílio na etapa de revisão bibliográfica; coordenação da etapa de coleta de dados estacionários; auxílio na etapa de coleta de dados dinâmicos; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas	62,00	288	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	17.856,00	0,00	17.856,00
6	Remuneração de profissional categoria Aux2 (Gustavo de Souza Carvalho)	Auxílio na etapa de revisão bibliográfica; auxílio na etapa de caracterização das correções PPP-TR; auxílio na etapa de coleta de dados estacionários; coordenação da etapa de implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR em cenário estacionário; auxílio na etapa de avaliação da latência das correções PPP-TR; auxílio na etapa de tratamento dos efeitos de multicaminho; auxílio na etapa de coleta de dados dinâmicos; auxílio na etapa de implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR em cenário dinâmico; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em ambiente Matlab; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas; redação de artigos para submissão em conferências e periódicos indexados;	-	288	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	0,00	0,00	0,00
7	Remuneração de profissional categoria Aux2 (Geordan Barcellar de Oliveira)	Auxílio na etapa de revisão bibliográfica; auxílio na etapa de implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR em cenário estacionário; auxílio na etapa de coleta de dados dinâmicos; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em ambiente Matlab; auxílio na etapa de implementação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR em uma placa controladora de tempo real; auxílio na etapa de divulgação/proteção dos resultados e prestação de contas; redação de artigos para submissão em conferências e periódicos indexados;	-	288	Hora Homem	Econômica	Despesa de custeio	UFLA	0,00	0,00	0,00
8	Veículo automotor (automóvel comercial)	O veículo será utilizado nas etapas de coleta de dados INS e observáveis GNSS em cenário dinâmico. Em particular, o mesmo deverá ser utilizado em ambientes urbanos (ruas e rodovias) para fins de composição de banco de dados a ser utilizado nas etapas de implementação e validação dos algoritmos desenvolvidos. Memorial de cálculo: Cmc.ano = R\$2880,00; Hproj.ano = 96 hr; VM = (Cmc.ano/1440)*Hproj.ano = R\$192,00	2,00	96	a equipam	Econômica	Material Permanente	UFLA	192,00	0,00	192,00

Contrapartidas Econômicas										Programa: ROTA 2030- FUNDEP Eixo II - CONSEV Chamada: 02/2021			
Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veiculos Agrícolas Conectados													
Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)													
Proponente: Universidade Federal de Lavras													
9	Veículo automotor (trator)	O veículo será utilizado nas etapas de coleta de dados INS e observáveis GNSS em cenário dinâmico. Em particular, o mesmo deverá ser utilizado em ambientes rurais (lavouras e plantações) para fins de composição de banco de dados a ser utilizado nas etapas de implementação e validação dos algoritmos desenvolvidos. Memorial de cálculo: Cmc.ano = R\$4320,00; Hproj.ano = 96 hr; VM = (Cmc.ano/1440)*Hproj.ano = R\$288,00	3,00	96	a equipam	Econômica	Material Permanente	UFLA	288,00		0,00	288,00	
10	Módulo de navegação integrada (INS/GNSS) u-Blox C102-F9R	O módulo será usado para coleta de dados GNSS e INS em cenários dinâmicos, e potencialmente será usado no interfaceamento com o protótipo INS/PPP-TR a ser desenvolvido. Memorial de cálculo: equipamento de uso exclusivo do projeto, conforme item 6.11 do manual de operações	4.701,30	1	Unidade	Econômica	Material permanente	UFLA	4.701,30		0,00	4.701,30	
11	Módulo de navegação integrada (INS/GNSS) X-Sens Mti-7	O módulo será usado para coleta de dados GNSS e INS em cenários dinâmicos, e potencialmente será usado no interfaceamento com o protótipo INS/PPP-TR a ser desenvolvido. Memorial de cálculo: equipamento de uso exclusivo do projeto, conforme item 6.11 do manual de operações	6.667,54	1	Unidade	Econômica	Material permanente	UFLA	6.667,54		0,00	6.667,54	
Total									94.216,84		0,00	94.216,84	
VALOR TOTAL DDE CONTRAPARTIDAS						273.672,84							

**Cronograma de
desembolso**

Programa: ROTA 2030- FUNDEP
Eixo II - CONSEV
Chamada: 02/2021

Título: Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS |
Coordenador: Felipe Oliveira e Silva (8hr/semana)
Proponente: Universidade Federal de Lavras

Cronograma de Desembolso do recurso Fundep dividido por Gestoras

FUNDECC

		Parcela 01	Parcela 02	Total
1	Custeio	R\$ 380.795,00	R\$ 380.795,00	R\$ 761.590,00
1.1	Pessoal	R\$ 295.200,00	R\$ 295.200,00	R\$ 590.400,00
1.1.1	Bolsas	R\$ 295.200,00	R\$ 295.200,00	R\$ 590.400,00
1.1.2	CLT	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.2	Viagens	R\$ 15.750,00	R\$ 15.750,00	R\$ 31.500,00
1.2.1	Passagens	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.2.2	Diárias	R\$ 15.750,00	R\$ 15.750,00	R\$ 31.500,00
1.3	Material de consumo	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
1.4	Serviços de Terceiros	R\$ 33.000,00	R\$ 33.000,00	R\$ 66.000,00
1.5	Custos Administrativos	R\$ 36.845,00	R\$ 36.845,00	R\$ 73.690,00
2	Capital	R\$ 24.500,00	R\$ 24.500,00	R\$ 49.000,00
2.1	Material permanente	R\$ 24.500,00	R\$ 24.500,00	R\$ 49.000,00
2.2	Obras	R\$ 0,00	R\$ 0,00	R\$ 0,00
	Total	R\$ 405.295,00	R\$ 405.295,00	R\$ 810.590,00

ACORDO DE PARCERIA ROTA 2030 UFLA MWF REF FUNDEP 27192 37 pdf

Código do documento 662c77c3-dd04-4706-a0dd-8560be2e3a76



Assinaturas



JAIME ARTURO RAMIREZ
presidencia@fundep.com.br
Assinou

Jaime Arturo Ramirez



Sabrina Borges de Abreu Scorvo
sabrinaabreu@fundep.com.br
Assinou como testemunha

Sabrina Borges de Abreu Scorvo



Felipe Oliveira e Silva
felipe.oliveira@ufla.br
Assinou como testemunha



Valter Carvalho de Andrade Júnior
valter.andrade@ufla.br
Assinou

Valter Carvalho de Andrade Júnior



MARCELO CARVALHO LEITE
marcelo@mwf-services.com
Assinou



ANTONIO CARLOS UNHA LACRETA JUNIOR
fundecc@fundecc.org.br
Assinou



Eventos do documento

01 Dec 2021, 11:56:11

Documento 662c77c3-dd04-4706-a0dd-8560be2e3a76 **criado** por IZABELLA FERNANDA CAZULA DUARTE (333f4d98-be80-4cc4-9ee6-d4a371a09ba8). Email:izabellabrito@fundep.com.br. - DATE_ATOM: 2021-12-01T11:56:11-03:00

01 Dec 2021, 11:58:50

Assinaturas **iniciadas** por IZABELLA FERNANDA CAZULA DUARTE (333f4d98-be80-4cc4-9ee6-d4a371a09ba8). Email: izabellabrito@fundep.com.br. - DATE_ATOM: 2021-12-01T11:58:50-03:00

01 Dec 2021, 12:36:52

FELIPE OLIVEIRA E SILVA **Assinou como testemunha** - Email: felipe.oliveira@ufla.br - IP: 143.255.18.237 (143.255.18.237 porta: 18942) - **Geolocalização: -21.2455106 -45.0135986** - Documento de identificação informado: 099.606.456-73 - DATE_ATOM: 2021-12-01T12:36:52-03:00

01 Dec 2021, 13:38:57

SABRINA BORGES DE ABREU SCORVO **Assinou como testemunha** (907cd691-43bc-4e14-bff5-e403878e644f) - Email: sabrinaabreu@fundep.com.br - IP: 177.182.144.212 (b1b690d4.virtua.com.br porta: 47736) - [Geolocalização: -19.839068 -43.983828](#) - Documento de identificação informado: 063.931.216-02 - DATE_ATOM: 2021-12-01T13:38:57-03:00

01 Dec 2021, 14:36:28

JAIME ARTURO RAMIREZ **Assinou** (9ffe304d-fd4d-4ffc-a6bd-3cfa2cb8f1f4) - Email: presidencia@fundep.com.br - IP: 150.164.30.176 (mail2.fundep.ufmg.br porta: 60052) - Documento de identificação informado: 554.155.556-68 - DATE_ATOM: 2021-12-01T14:36:28-03:00

02 Dec 2021, 11:13:25

MARCELO CARVALHO LEITE **Assinou** - Email: marcelo@mwf-services.com - IP: 187.105.217.157 (bb69d99d.virtua.com.br porta: 6758) - Documento de identificação informado: 125.547.807-14 - DATE_ATOM: 2021-12-02T11:13:25-03:00

02 Dec 2021, 16:18:29

VALTER CARVALHO DE ANDRADE JÚNIOR **Assinou** - Email: valter.andrade@ufla.br - IP: 177.105.30.31 (177.105.30.31 porta: 16344) - [Geolocalização: -21.2282508 -44.9808242](#) - Documento de identificação informado: 721.927.806-30 - DATE_ATOM: 2021-12-02T16:18:29-03:00

03 Dec 2021, 15:18:56

ANTONIO CARLOS UNHA LACRETA JUNIOR **Assinou** - Email: fundecc@fundecc.org.br - IP: 191.210.245.237 (191-210-245-237.user.vivozap.com.br porta: 9786) - [Geolocalização: -15.6103098 -56.0783765](#) - Documento de identificação informado: 103.797.868-42 - DATE_ATOM: 2021-12-03T15:18:56-03:00

Hash do documento original

(SHA256):e77b0a9dc7947eb53f630bfe304341ab5cf3d0e2d7b997adb11ec8188f334229

(SHA512):49ee10fc5c4d0ac482778a65ed0748164d204c0862e98e066648e5e495d0bb559bca17e5dfb590e97cd7219bb95c0bd0ae2e4382a982e6e333852206c218d6b3

Esse log pertence **única e exclusivamente** aos documentos de HASH acima

Esse documento está assinado e certificado pela D4Sign

PROJETO

Parceria com Repasse de Recursos Financeiros

I – DADOS CADASTRAIS DO PROJETO

1. TÍTULO DO PROJETO

Sistema de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real com Integração INS/GNSS para Veículos Agrícolas Conectados

2. ENQUADRAMENTO TÉCNICO DO PROJETO E LEGISLAÇÃO APLICÁVEL

Acordo de parceria - Lei nº 10.973/04 e Decreto nº 9.283/2018

3. ÓRGÃO EXECUTOR

Departamento de Automática (DAT)

4. ÁREA DE ABRANGÊNCIA

☒ Pesquisa

☐ Extensão

☐ Ensino

☒ Inovação Tecnológica

☐ Extensão Tecnológica

☐ Desenvolvimento Institucional

5. RESUMO DO PROJETO

A agricultura é um dos setores econômicos de maior expressão e relevância nacional, caracterizando-se pela sua solidez, mesmo em face a crises financeiras, políticas e sanitárias. Figurando como um dos pilares tecnológicos do agronegócio, a Agricultura de Precisão (AP) tem buscado otimizar a gestão dos processos produtivos agrícolas e consequentemente, aumentar a produtividade/lucratividade dos mesmos. Uma tecnologia chave para a AP são os sistemas de posicionamento de precisão, os quais permitem a condução segura/autônoma de veículos agrícolas em campo. Tradicionalmente, os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), em especial, o Sistema de Posicionamento Global (GPS), se tornaram a principal tecnologia de posicionamento de precisão na AP. Quando configurados em modo diferencial (DGNSS), ou relativo (RGNSS) via técnica *Real Time Kinematics* (RTK), receptores GNSS fornecem soluções de posicionamento com precisão centimétrica. Apesar da comprovada eficácia, tais métodos de posicionamento apresentam inúmeras desvantagens. Sistemas DGNSS e RGNSS, por exemplo, necessitam acessar as observáveis de uma base GNSS de referência, a qual deve ter coordenadas geodésicas bem determinadas. Para a técnica RTK, em particular, tais bases não devem estar distanciadas do veículo agrícola de interesse (*rover*), mais do que poucos quilômetros. Ademais, soluções RTK frequentemente perdem rastreamento das chamadas “fases da onda portadora”, necessárias à resolução das “ambiguidades inteiras”, podendo apresentar elevado tempo de re-convergência. Tal problema é de difícil resolução, especialmente para veículos em movimento, e requer, em geral, o uso de receptores GNSS de dupla frequência, os quais custam dezenas de milhares de reais. Para soluções DGNSS que dispensam o uso de bases de referência (por parte do usuário), conhecidas como *wide-area* DGNSS, ao custo do equipamento, ainda se soma a contratação (assinatura) dos serviços de correções diferenciais, os quais se dão de forma individualizada, i.e., para cada veículo agrícola. Somado às desvantagens supracitadas, soluções GNSS, de forma geral, ainda sofrem com o problema de bloqueio dos sinais dos satélites, quando por exemplo, da passagem do veículo por sob a copa de uma árvore, edifício ou túnel. A consequência óbvia do problema é a perda de segurança na condução autônoma do veículo agrícola, além da geração de lacunas nas atividades da AP que dependem de geoeferenciamento. Como forma de resolver os problemas supracitados, este projeto de pesquisa propõe a concepção de um sistema de posicionamento de precisão e baixo custo para veículos agrícolas conectados (à internet), com base na utilização/integração de duas tecnologias habilitadoras principais: a técnica de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real (PPP-TR) via GNSS, e os Sistemas de Navegação Inercial (INS). O PPP-TR é uma técnica bastante

recente, através da qual, usuários GNSS espalhados por todo o Globo utilizam correções gratuitas, fornecidas, via internet e em tempo real, por agências especializadas. Originalmente restrito a usuários munidos de receptores GNSS de dupla-frequência (alto custo), o PPP-TR também pode ser implementado em receptores de simples frequência (baixo custo), desde que mapas de atraso ionosféricos estejam disponíveis, em tempo real, na região de interesse. Com a recém-anunciada (2019) disponibilização de tais mapas, em tempo (quase) real, na América do Sul, por parte da *Universidad Nacional de La Plata* (UNLP), usuários brasileiros, munidos de receptores de simples frequência, já se encontram aptos, ao menos teoricamente, a praticar PPP-TR. Os INS, por outro lado, são sistemas de navegação tradicionalmente empregados em aplicações de defesa e segurança (aeronaves, mísseis, foguetes e submarinos), os quais fornecem uma solução de posicionamento com base na integração numérica das medições de acelerômetros e girômetros. Os INS têm características de operação complementares aos GNSS, i.e., fornecem alta taxa de amostragem/banda passante, são independentes de sinais externos, permitem que a orientação (atitude) do veículo seja computada, mas apresentam problemas de acúmulo de erros com o tempo. Devido a esta complementariedade de características, sistemas de navegação integrados INS/GNSS são hoje, os principais sistemas de posicionamento de precisão empregados em aplicações que demandam alta confiabilidade/disponibilidade. O projeto proposto, portanto, possui elevada relevância para o setor automotivo nacional, bem como evidente aderência com a linha temática de automação de veículos agrícolas, na medida em que propõe a concepção de um sistema de posicionamento de precisão, confiabilidade e baixo custo, com imediata aplicação na AP. A equipe proponente do projeto é formada por pesquisadores de reconhecida experiência nas áreas de GNSS, INS, e integração de sistemas, e também conta com o apoio: a) econômico e financeiro da empresa MWF Mechatronics Ltda.; b) de simples anuência da *University of California Riverside* (UCR) e da empresa TDI Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda. (TDI).

6. PARCEIRO(S) NO PROJETO

6.1. CELEBRANTE 1

1. Tipo de participação Partícipe	2. Razão Social UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS		
3. Endereço da sede (av., rua, nº, bairro) Campus Universitário, s/n	4. CNPJ/MF 22.078.679/0001-74		
5. Cidade/Estado Lavras/MG	6. CEP 37.200-900	7. Telefone (35) 3829-1983	
8. Nome do representante legal João Chrysóstomo de Resende Júnior		9. CPF/MF [REDACTED]	
10. Identidade [REDACTED]	11. Órgão Expedidor SSP/MG	12. Cargo REITOR	13. Data venc. mandato 29/05/2024

6.2. CELEBRANTE 2

1. Tipo de participação Partícipe	2. Razão Social MWF MECHATRONICS LTDA		
3. Endereço da sede (av., rua, nº, bairro) Avenida Presidente Kennedy, 67	4. CNPJ/MF 36.970.653/0001-40		
5. Cidade/Estado Campos dos Goytacazes/RJ	6. CEP 28020-010	7. Telefone (24) [REDACTED]	
8. Nome do representante legal Marcelo Carvalho Leite		9. CPF/MF [REDACTED]	
10. Identidade [REDACTED]	11. Órgão Expedidor DETRAN/RJ	12. Cargo SÓCIO-ADMINISTRADOR	13. Data venc. mandato Indeterminado

6.2. CELEBRANTE 3

1. Tipo de participação Partícipe	2. Razão Social FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA		
3. Endereço da sede (av., rua, nº, bairro) Av. Pres. Antônio Carlos, 6627, Pampulha	4. CNPJ/MF 18.720.938/0001-41		
5. Cidade/Estado Belo Horizonte/MG	6. CEP 30161-970	7. Telefone (31) [REDACTED]	
8. Nome do representante legal Jaime Arturo Ramírez		9. CPF/MF [REDACTED]	
10. Identidade [REDACTED]	11. Órgão Expedidor SPP/MG	12. Cargo PRESIDENTE	13. Data venc. mandato 17/03/2022

II – DESCRIÇÃO DO PROJETO

7. INTRODUÇÃO

Os atuais sistemas de posicionamento em escala global devem sua existência aos significativos avanços obtidos ao longo da Segunda Guerra Mundial, especialmente nas áreas de tecnologia de foguetes, e comunicação a rádio. Em 4 de outubro de 1957, por exemplo, foi lançado o primeiro satélite em órbita, o Sputnik 1, dando origem à corrida armamentista espacial entre os Estados Unidos da América (EUA) e a Rússia. Nos EUA, foi desenvolvido o *Navy Navigation Satellite System* (NNSS), baseado em ondas de rádio e no efeito Doppler. Suscetível a muitas interferências e a variações de altitude terrestre, o NNSS se restringiu, basicamente, à navegação marítima.

Inspirados no NNSS, surgiram, na década de 80, os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), originalmente para fins bélicos. Os atuais representantes GNSS de alcance global são: o *Global Positioning System* (GPS), dos EUA, o *Global'naya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema* (GLONASS), o Galileo, projetado pela *European Space Agency* (ESA), e o *Compass Navigation Satellite System* (CNSS), também chamado de Beidou, da China.

O sistema GPS (mais antigo, robusto e confiável dentre os atuais GNSS) é estruturado em três diferentes segmentos: espacial, de controle e de usuários. O segmento espacial é formado pela constelação de satélites, os quais orbitam em 6 planos diferentes, cada qual contendo, pelo menos, 4 satélites. Cada um deles transmite continuamente sinais em direção à Terra, em duas ondas portadoras, a saber, L1 (1575,42 MHz) e L2 (1227,60 MHz). Dois tipos de códigos são usados para modular essas ondas portadoras: os códigos pseudoaleatórios (PRNs), e as mensagens de navegação. Na frequência L1, PRNs do tipo *Coarse Acquisition* (C/A), *Precise* (P) e *Military* (M) são usados na modulação. Na frequência L2, apenas os dois últimos são empregados. Os PRNs do tipo C/A correspondem ao chamado *Standard Positioning Service* (SPS), de acesso irrestrito e gratuito a usuários civis, enquanto os códigos P e M correspondem ao *Precise Positioning Service* (PPS), de uso exclusivo militar (ou a provedores autorizados). Com a modernização do GPS, prevista para terminar em 2021, tem sido disponibilizado na portadora L2, o PRN L2C, que contribui para a correção dos efeitos de atraso ionosférico, bem como uma nova portadora, chamada L5 (1176,45 MHz), a qual melhora a precisão/disponibilidade/ integridade do GPS.

O segmento de controle do GPS, por outro lado, é constituído por 22 estações, sendo a principal, a de Colorado Springs (CO). Ela capta os dados das demais estações, e retransmite informações de correção de órbitas, relógios, atrasos ionosféricos, etc., aos satélites. O segmento de usuários, por fim, é caracterizado pelos receptores GPS. Os receptores atualmente disponíveis no mercado são, em geral, multicanais, sendo que cada canal é responsável por sintonizar um satélite. Receptores ditos “de navegação” geralmente estão restritos ao código C/A (SPS), disponibilizado na frequência L1. Receptores que têm acesso ao código P (PPS), disponibilizado nas frequências L1 e L2, são de 5 a 40 vezes mais caros que os anteriores, e 10 a 1000 vezes mais precisos (erros de posicionamento entre 0,02 e 1 m). Receptores capazes de sintonizar sinais provenientes de constelações diferentes (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), têm contribuído para o aumento da robustez, confiabilidade e disponibilidade dos GNSS.

De forma simplificada, a determinação da posição do usuário (receptor) via GNSS é feita medindo-se o tempo necessário para o código pseudoaleatório, proveniente dos satélites em vista, chegar até o receptor. A distância é calculada levando-se em conta a velocidade da luz. A posição dos satélites (efemérides), e o conjunto de informações relativas à integridade da constelação (almanaque) estão disponíveis na própria mensagem de navegação transmitida pelos satélites. A medição do tempo é possível devido ao fato dos satélites (e receptores) carregarem, em seu interior, relógios (teoricamente) sincronizados com o chamado tempo de referência do GNSS. O cálculo de uma distância (satélite e receptor), a qual é formalmente denominada “pseudo-distância” (pelo fato da estimativa conter erros), determina uma esfera de possíveis localizações para o receptor. Quatro pseudo-distâncias determinam um ponto único no espaço. Esta técnica é chamada de trilateração. O erro do SPS tem sido, em 95% do tempo, de 9 m na horizontal, e 15 m na vertical. Como pode ser visto na Tabela 1, as principais fontes de erros que contribuem para tal precisão são: erros nas efemérides transmitidas, erros nos relógios dos satélites, erros de atrasos atmosféricos (ionosféricos e troposféricos), erros nos relógios dos receptores, efeito de “multicaminho”, e erros devido a ruídos

aleatórios. Os três primeiros tipos de erros são classificados como “erros de modo comum”, enquanto os demais, “erros de modo não-comum”. Os erros de modo comum são, em geral, correlacionados espacial e temporalmente (na faixa de quilômetros e horas, respectivamente), sendo, portanto, relativamente semelhantes para quaisquer receptores dentro de uma mesma vizinhança (e mesma janela de tempo). Os erros de modo não-comum, por outro lado, apresentam baixa correlação espacial e temporal, variando de receptor para receptor, bem como em função do tempo, geometria espacial dos satélites, e tipos de obstruções no caminho dos sinais.

Pelo fato dos erros de modo comum serem relativamente constantes dentro de uma determinada região e janela de tempo, uma vez estimados, eles podem ser transmitidos a quaisquer receptores situados na vizinhança (cumprindo-se requisitos de latência máxima), permitindo-os melhorar significativamente suas estimativas de posição. Tal técnica é conhecida como GNSS Diferencial (DGNSS), e pode ser classificada conforme sua área de abrangência. Os chamados DGNSS Locais (LADGNSS) requerem a utilização de dois receptores, um fixo (de alta qualidade) numa base de referência, com coordenadas geodésicas bem conhecidas, e outro móvel (chamado de *rover*). O receptor fixo recebe os sinais dos satélites e, sabendo sua posição de antemão (e com precisão), é capaz de estimar os erros de modo comum (de forma combinada), os quais são transmitidos ao *rover*, e por ele utilizados. Erros de posicionamento típicos entre 0,5 e 2 metros são usuais nesse tipo de implementação (Tabela 1), os quais são ocasionados, basicamente, pelos erros de modo não-comum residuais.

Uma técnica de posicionamento relativo (RGNSS) bastante empregada para se mitigar o efeito destes erros de modo não-comum chama-se *Real Time Kinematics* (RTK), a qual se vale de observações das fases das ondas portadoras (adicionalmente às pseudo-distâncias). A precisão do posicionamento, resultante dessa técnica, ultrapassa a casa dos centímetros, sendo, contudo, contrabalanceada pelo alto preço dos receptores requeridos (de dupla frequência), além de outros inconvenientes práticos, como a frequente perda de rastreo das ondas portadoras, o alto tempo de convergência para solução das chamadas “ambiguidades inteiras”, e a necessidade dos receptores estarem próximos entre si (baselines de, no máximo, 5 a 15 km).

Além do alto custo, uma grande limitação dos DGNSS e RGNSS (incluindo os RTK) consiste na degradação da precisão da correção, à medida em que o *rover* se afasta da base de referência (e também à medida em que a correção é transmitida tardiamente). Uma solução para esse problema consiste na utilização de uma rede (regional ou continental) de bases de referência, todas georeferenciadas, e capazes de trocar informações entre si, de forma a fornecer correções ponderadas (e mais confiáveis) aos usuários. Tal topologia é conhecida como *Wide-Area DGNSS* (WADGNSS), e os erros de posicionamento residuais típicos, resultantes de seu uso, são ilustrados na Tabela 1. Além de permitir uma otimização no número de bases de referência necessárias (em relação à uma eventual implementação LADGNSS em larga escala), um WADGNSS é capaz de estimar (e fornecer aos usuários) correções específicas para cada fonte de erro compondo os erros de modo comum do GNSS, i.e., correções para as efemérides transmitidas, para os relógios dos satélites, e para os atrasos atmosféricos.

Ao longo das últimas décadas, diferentes organizações têm se dedicado à implementação, manutenção e fornecimento (gratuito ou não) de correções WADGNSS a usuários espalhados pelo Globo. Dentre as correções pagas, destacam-se as fornecidas pelas empresas Trimble, StarFire, Racal, Omnistar, *Jet Propulsion Laboratory* (JPL), etc. Dentre as gratuitas, podem-se citar as fornecidas pelo *Wide Area Augmentation System* (WAAS), dos EUA, *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS), da União Europeia (EU), *Japanese Multi-Function Transportation Satellite Augmentation System* (MSAS), do Japão, e *GPS Aided GEO Augmented Navigation* (GAGAN), da Índia. Além de fornecer correções diferenciais gratuitas aos usuários, esses sistemas também transmitem, via satélites geoestacionários, códigos PRNs adicionais, além de informações sobre a integridade da constelação. Devido a essas capacidades adicionais, tais sistemas são conhecidos como *Satellite-Based Augmentation Systems* (SBAS), e apresentam, como principal inconveniente, contudo, a necessidade de o usuário possuir receptores modificados, capazes de rastrear os códigos PRNs adicionais. Infelizmente, no Brasil, correções WADGNSS gratuitas ainda não estão disponíveis aos usuários.

Outra técnica de posicionamento absoluto, proveniente, de certa forma, dos WADGNSS, é o chamado Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). O PPP foi originalmente concebido para aplicações pós-processadas (PPP-PP) e de alta precisão. Segundo esta técnica, dados brutos de

diferentes bases de referência espalhadas pelo Globo são processados conjuntamente, levando-se em consideração sofisticados modelos para as órbitas dos satélites em função do tempo. Como resultado, correções (também chamadas de “produtos”) de alta confiabilidade são estimadas para os erros de efemérides e relógio dos satélites. Usuários equipados com receptores GNSS de alta qualidade (dupla frequência, com observações de fase das ondas portadoras) são capazes de usar as correções e obter precisão ainda melhor à fornecida pelos WADGNSS (Tabela 1).

Com o passar do tempo, aprimoramento dos algoritmos de estimação, aumento da capacidade de processamento computacional, e também impulsionada pela demanda de usuários, instituições passaram a se dedicar ao fornecimento de correções PPP em tempo real (PPP-TR), ainda que com precisão inferior aos produtos pós-processados. Dentre essas instituições, destaca-se o *International GNSS Service* (IGS), um conglomerado de mais de 200 instituições (públicas e privadas) voluntárias, de mais de 80 países, que fornece correções de múltiplas constelações GNSS, via internet, sem custos aos usuários. Até o presente momento, contudo, produtos em tempo real fornecidos pelo IGS têm se restringido aos erros de efemérides e relógios dos satélites (e mesmo assim, apenas para o GPS e GLONASS). Produtos relacionados aos demais componentes dos erros de modo comum do GNSS, tais como atrasos ionosféricos e troposféricos, ainda só estão disponíveis aos usuários de forma pós-processada. Como consequência, usuários interessados em praticar PPP-TR ainda têm, de forma geral, que recorrer a receptores GNSS de dupla frequência (alto custo), capazes de mitigar os atrasos ionosféricos. Os atrasos troposféricos, por sua vez, têm sido compensados pela utilização de modelos analíticos ditos “híbridos”, os quais, ao invés de recorrer a medições de sensores meteorológicos locais, fornecem valores tabelados para alguns parâmetros atmosféricos importantes (como temperatura, pressão, umidade, etc.), em função da localização do usuário, dia e horário. Exemplos de modelos troposféricos híbridos são o UBN3M, EGNOS, e IGGtrop.

Uma solução à atual indisponibilidade de correções globais (em tempo real), associadas aos atrasos ionosféricos, por parte do IGS, tem sido ofertada a usuários como fruto de colaborações entre organismos e centros de pesquisa regionais nas áreas meteorológica e geodésica. Nos EUA, por exemplo, a colaboração entre o *Space Weather Prediction Center* (SWPC), *National Geodetic Survey* (NGS), *National Centers for Environmental Information* (NCEI), e *Global Systems Division* (GSD) culminou com a criação do *US Total Electron Content* (USTEC) *Service*. O USTEC é um serviço que fornece, via internet, de forma gratuita e em tempo real, informações de atrasos ionosféricos, na forma de mapas de Conteúdo Eletrônico Total (TEC), a usuários norte-americanos. De posse de tais mapas (e das correções fornecidas pelo IGS), usuários munidos de receptores GNSS de simples frequência (baixo custo), têm sido capazes de praticar PPP-TR, obtendo precisão de posicionamento ligeiramente inferior ao correspondente PPP-PP (Tabela 1).

Tabela 1 – Fontes de erros no GNSS

Tipo de erro	Fonte de erro	Erro associado [m]				
		SPS	LADGNSS	WADGNSS	PPP-PP	PPP-TR
Modo comum	Efemérides	2	0,4	0,05	0,02	0,05
	Relógio dos satélites	2	0,2	0,09	0,02	0,08
	Atraso ionosférico	3 – 7	0,5	0,40	0,40	0,40*
	Atraso troposférico	1	0,3	0,05	0,05	0,05
Modo não-comum	Relógio do receptor	0**	0**	0**	0**	0**
	Multicaminho	0,2	0,2	0,20	0,20	0,20
	Ruídos aleatórios	1 – 2	0,1	0,10	0,10	0,10
Erro de distância equivalente (UERE)		4 – 8	0,8	0,48	0,46	0,47

Erro de posicionamento horizontal (HDOP*** = 1,5)	6 – 12	1,2	0,72	0,69	0,71
---	--------	-----	------	------	------

* Especificação relativa ao USTEC

** O erro de relógio do receptor é geralmente estimado juntamente com a posição do receptor

*** Diluição de precisão horizontal

Na América do Sul, uma recém estabelecida (2019) colaboração entre a *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas* (FCAG), da *Universidad Nacional de La Plata* (UNLP), na Argentina, o *Bundesamt für Kartographie und Geodäsie* (BKG), da Alemanha, e o IGS, permitiu a disponibilização de mapas de atraso ionosférico, em tempo (quase) real, e para multi-constelações GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), em todo seu território (com extensão ao Caribe e península Antártica). Dessa forma, usuários brasileiros já estão aptos, ao menos teoricamente, a praticar PPP-TR, com receptores GNSS de simples frequência (baixo custo), via correções/produtos gratuitos fornecidos, via internet e em tempo real, pelas agências supracitadas. O estudo da precisão de posicionamento a ser obtido com o uso de tais produtos, em território brasileiro (e no âmbito particular de veículos agrícolas), é um dos temas de investigação do presente projeto de pesquisa tecnológica. O segundo tema de investigação do projeto proposto reside na concepção de metodologias para integração de receptores GNSS-PPP-TR com os chamados Sistemas de Navegação Inercial (INS), descritos a seguir.

Sistemas de Navegação Inercial (INS) são sistemas capazes de fornecer informações de posição, velocidade e orientação (também referida como “atitude”) de corpos no espaço, sem a necessidade de auxílios externos (sinais de radiofrequência, satélites, links de rádio, etc.). Estes sistemas foram concebidos na década de 50 com o principal objetivo de fornecer a posição/orientação de mísseis, foguetes e submarinos, e conseqüentemente, permitir a pilotagem e o guiamento autônomo destes veículos. Um INS é constituído, essencialmente, por uma Unidade de Medição Inercial (IMU), dotada de três acelerômetros e três girômetros (montados em posições ortogonais), e por um Computador de Bordo (PC), responsável pela execução, em tempo real, dos algoritmos embarcados.

Acelerômetros são sensores capazes de mensurar a aceleração “não-gravitacional” dos corpos com os quais está em contato. Esta aceleração corresponde à aceleração causada por todas as forças atuantes no corpo, com exceção da força da gravidade, e é frequentemente referida como “força específica”. Os girômetros (ou popularmente, giroscópios), por outro lado, são sensores capazes de mensurar a velocidade angular dos corpos. Tanto acelerômetros quanto girômetros medem grandezas em relação a um referencial dito inercial, o qual é caracterizado por estar completamente estacionário no espaço tridimensional. Por este motivo, acelerômetros e girômetros são popularmente conhecidos como sensores “inerciais”.

De forma simplificada, um INS é capaz de determinar a posição, velocidade e orientação do corpo em que está montado, via integração numérica das forças específicas e velocidades angulares mensuradas pela IMU. Para que este processo de integração resulte em valores relativos à Terra, e não ao referencial inercial, uma série de compensações se faz necessária, como por exemplo: contabilização do vetor gravidade local, integralização da aceleração do corpo, compensação da velocidade angular da Terra, e contabilização das acelerações de Coriolis. Ademais, para que o processo de integração numérica possa ser efetivamente implementado, faz-se necessária a determinação das condições iniciais da posição, velocidade e orientação do corpo.

Outro fator que interfere drasticamente na qualidade das informações de posição, velocidade e orientação fornecidas pelo INS diz respeito à qualidade dos sensores inerciais utilizados. Embora todas as IMUs comerciais passem por extensivos processos de calibração laboratorial, onde grande parte dos erros sistemáticos (*biases*, fatores de escala e desalinhamentos) dos sensores são modelados, identificados e compensados, sensores inerciais são sensores altamente suscetíveis a erros de natureza aleatória e estocástica (*random walks*), os quais só podem ser identificados e compensados em processos de calibração em campo (*in-field*). Como resultado da integração numérica destas componentes aleatórias de erro, as informações de posição, velocidade e orientação podem se degradar muito rapidamente com o tempo, tornando o INS inadequado para algumas aplicações.

Apesar disto, INS têm sido largamente usados em aplicações contemporâneas, e apresentam vantagens importantes, como: determinação da orientação do corpo (em adição à posição e

velocidade), independência de sinais e auxílios externos, alta taxa de amostragem, boa relação sinal/ruído, alta banda passante e boa precisão (a despeito da degradação da exatidão). Aplicações envolvendo INS incluem: smartphones, sistemas de prospecção petrolífera, Veículos Aéreos Não Tripulados (VANTs), sistemas *AirBag*, dispositivos de realidade aumentada (Kinect), entre outros. O uso de INS tem sido particularmente explorado no âmbito da chamada “fusão sensorial”. Segundo esta técnica, sensores com diferentes características de erros podem ser combinados através de algoritmos sofisticados (filtros de Kalman), de modo a fornecer uma solução, em termos de posição, velocidade e orientação, mais confiável e robusta do que a fornecida individualmente pelos sensores. Os principais sensores e sistemas que têm sido combinados com INS são: receptores GNSS, altímetros, barômetros, magnetômetros, odômetros, profundímetros, sonares Doppler, etc. No caso específico da fusão INS/GNSS, alvo da proposta do presente projeto, a solução resultante, permite aliar a exatidão do sistema GNSS, com a precisão do INS, além de garantir que o INS fornecerá informações de posição, velocidade e orientação do veículo, mesmo em situações de eventual perda do sinal GNSS, devido, por exemplo, à obstrução do caminho por parte de árvores, edifícios, túneis, entre outros. Dentre as principais topologias de integração INS/GNSS, destacam-se duas: a) a topologia fracamente acoplada (*loosely-coupled integration*), a qual se vale de posições e velocidades pré-computados pelo GNSS como vetor de medição a ser inputado ao filtro de Kalman; b) a topologia fortemente acoplada (*tightly-coupled integration*), a qual usa diretamente as pseudo-distâncias (e eventualmente, Dopplers e fases da onda portadora), como vetor de medição para o filtro de Kalman. Além de significativamente mais robusta (melhor adequação das propriedades estocásticas dos modelos envolvidos), a topologia fortemente acoplada permite que uma solução integrada INS/GNSS se mantenha, mesmo quando da recepção de menos do que quatro sinais de satélites por parte do receptor GNSS.

8. OBJETIVO GERAL

O objetivo do projeto de pesquisa proposto é conceber um sistema de posicionamento de precisão e baixo custo para veículos agrícolas conectados (com acesso à internet) com base na integração de Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS) e Sistemas de Navegação Inercial (INS), via técnica de Posicionamento por Ponto Preciso em Tempo Real (PPP-TR).

9. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Como objetivos específicos do projeto, destacam-se:

- Avaliar a aplicabilidade das correções PPP-TR associadas aos erros de efemérides e relógios dos satélites, fornecidos em tempo real pelo *International GNSS Service* (IGS), em território brasileiro;
- Avaliar a aplicabilidade das correções PPP-TR associadas aos atrasos ionosféricos, fornecidos em tempo (quase) real pela *Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas* (FCAG), da *Universidad Nacional de La Plata* (UNLP), em território brasileiro;
- Avaliar a aplicabilidade de modelos troposféricos híbridos, via PPP-TR, em território brasileiro;
- Avaliar o desempenho da técnica PPP-TR em função de diferentes cenários de teste, a saber: veículo em condições estacionárias e dinâmicas; receptor de alto e baixo custo; diferentes algoritmos de estimação, entre outros;
- Avaliar o desempenho da técnica PPP-TR, em função da existência de latência nas correções;
- Avaliar técnicas de mitigação dos efeitos de multicaminho, via modelagem dos mesmos em espaço de estados, e via utilização de observações do deslocamento na frequência da onda portadora (Doppler), fornecidas pelos receptores GNSS.
- Avaliar o desempenho da técnica PPP-TR quando da utilização de diferentes constelações GNSS, a saber, o GPS (EUA), o GLONASS (Rússia), o Galileo (Europa) e o Beidou (China);
- Investigar diferentes metodologias de integração de receptores GNSS com INS, a saber, metodologia fracamente acoplada (*loosely-coupled integration*) e fortemente acoplada (*tightly-coupled integration*);
- Avaliar o desempenho do sistema INS/PPP-TR, em relação aos tradicionais sistemas de posicionamento de precisão do tipo DGNSS, RGNSS e RTK.

- Iniciar a implementação dos algoritmos embarcados em uma placa controladora de tempo real;
- Executar testes em campo, com auxílio de veículos agrícolas conectados à internet, para fins de validação da eficácia/relevância do sistema proposto, em especial, no âmbito da Agricultura de Precisão (AP).

10. JUSTIFICATIVA

Nas últimas décadas, os Sistemas de Navegação Global por Satélites (GNSS), em especial o Sistema de Posicionamento Global (GPS), tornaram-se a tecnologia dominante no que concerne ao posicionamento de pessoas e veículos. Para tais aplicações, a precisão padrão do GNSS, de aproximadamente 10 metros, tem sido tipicamente suficiente. Uma nova geração de aplicações (a saber, veículos autônomos, veículos conectados, assistência ao condutor, agricultura de precisão, etc.) está, contudo, impondo especificações de precisão/confiabilidade de posicionamento (bem como custo), muito mais rigorosas aos sistemas de navegação, do que era anteriormente necessário. Especificações como a SAE J2945, por exemplo, requerem precisão de posição horizontal e vertical de 1,5 metros e 3 metros, respectivamente, a 68% de probabilidade.

A *Federal Highway Administration* (FHWA) dos EUA, seus *Departments of Transportation* (DOTs), bem como diversos fabricantes de automóveis, já estão investigando aplicações de veículos rodoviários (conectados e autônomos) para os quais estimativas precisas (submétricas) de posição, em tempo real, e a pelo menos 95% de probabilidade, se fazem necessárias, de forma a garantir a condução segura e eficiente dos mesmos. Projetos pilotos já estão em andamento em pelo menos três locais dos EUA, e têm como objetivo melhorar a segurança e o rendimento da rede rodoviária, bem como diminuir o impacto das emissões.

Como mencionado em Seções subsequentes deste projeto, o fornecimento de correções diferenciais (DGNSS) é uma solução ao problema de posicionamento de precisão (submétrico), a qual, contudo, torna-se ineficaz à medida em que o veículo conectado se afasta da base (estação) de referência. Correções diferenciais baseadas em uma rede de bases de referência (WADGNSS) podem resolver o inconveniente supracitado, às custas de que o usuário contrate o serviço de assinatura mensal/anual, ou então, possua um receptor GNSS modificado, capaz de rastrear os sinais e correções gratuitas fornecidas pelos *Satellite-Based Augmentation Systems* (SBAS), a exemplo do americano *Wide Area Augmentation System* (WAAS), e o *European Geostationary Navigation Overlay Service* (EGNOS). No Brasil, infelizmente, apenas a primeira opção (contratação de correções diferenciais por assinatura) está disponível a usuários.

Para aplicações de posicionamento que requerem precisão superior à submétrica (fornecida pelos DGNSS) tem-se como tradicional solução, os sistemas GNSS baseados em técnicas relativas (RGNSS) via *Real Time Kinematics* (RTK). Tais sistemas dominam os segmentos de mercado automotivo que dependem de alta precisão no posicionamento, tais como a Agricultura de Precisão (AP), mas apresentam inúmeras desvantagens, em especial, o elevado custo, o que restringe a difusão da tecnologia para ao mercado de massa. De forma simplificada, dois são os principais fatores que impactam no alto custo da solução e limitam aplicações mais generalizadas: a) a necessidade de utilização de receptores GNSS de dupla frequência (como requisito praticamente básico à solução das chamadas “ambiguidades inteiras”, associadas à técnica RTK); b) a necessidade de utilização de uma base de referência, com coordenadas bem conhecidas, e distanciada da aplicação de interesse não mais do que poucos quilômetros.

Alternativamente às soluções DGNSS, RGNSS e RTK, a técnica de Posicionamento por Ponto Preciso (PPP) tem se mostrado uma alternativa promissora no que tange ao problema de posicionamento submétrico. Concebida, originalmente, para aplicações pós-processadas, o PPP fornece aos usuários, correções gratuitas e individualizadas para os mais diversos erros sistemáticos que corrompem os GNSS (erros de efemérides, erros de atrasos atmosféricos, erros de relógio dos satélites, etc.), não requerendo dos usuários, a utilização de nenhuma base de referência. Após a disponibilização, por parte de agências modeladoras especializadas, de correções PPP precisas, gratuitas e em Tempo Real (TR), a usuários espalhados por todo o Globo, a relevância do então denominado PPP-TR passou a ser evidente, despertando a atenção de diversos grupos de pesquisa atuantes na área de posicionamento veicular de precisão. A recente disponibilização, também em tempo real, de mapas regionais associados aos erros de atraso ionosféricos, tem contribuído ainda mais para a difusão do PPP-TR. Ao menos teoricamente, a utilização de tais mapas possibilita

posicionamento submétrico a usuários munidos de receptores GNSS de simples frequência (baixo custo), o que é relevante às aplicações supracitadas. No Brasil, a disponibilização de tais correções/mapas é extremamente recente, e necessita de maior investigação.

A despeito da relevância/eficácia das soluções de posicionamento GNSS supracitadas, todas, invariavelmente, estão sujeitas a uma vulnerabilidade adicional: a perda de rastreamento das observáveis GNSS, devido ao bloqueio parcial/total dos sinais transmitidos pelos satélites. Tal situação é particularmente grave em grandes centros urbanos (os chamados *urban canyons*), onde a existência de edifícios altos, túneis e pontes reduzem (ou até mesmo, extinguem) o recebimento de sinais de satélites por parte de receptores GNSS. Uma solução a tal adversidade, provém da integração de receptores GNSS, com soluções de posicionamento do tipo *dead-reckoning*, as quais possuem características de operação complementares às do GNSS. Um dos sistemas *dead-reckoning* mais robustos, completos e confiáveis é o Sistema de Navegação Inercial (INS), o qual computa uma solução de posição, velocidade e orientação (atitude), com base na integração numérica das medições fornecidas por acelerômetros e girômetros (sensores ditos inerciais) mecanicamente fixados ao veículo. Devido ao fato dos INS operarem de forma completamente independente de sinais externos, os mesmos possuem importância crítica em aplicações de alta confiabilidade/segurança, sendo tradicionalmente empregados na fabricação de mísseis, foguetes, aeronaves, e submarinos.

Graças ao caráter estratégico que os INS assumem nos setores de defesa e segurança nacional, poucos são os pesquisadores brasileiros habilitados/capacitados a desenvolver soluções de posicionamento nacionais baseadas na integração INS/GNSS (como é o caso da equipe proponente deste projeto). Adicionalmente, poucas são as empresas brasileiras atuantes no setor automotivo que detêm o *know-how* exigido para transformar a solução supracitada em um produto robusto, confiável e escalonável para fins comerciais. A MWF Mechatronics, parceira da UFLA neste projeto, é formada por uma equipe de engenheiros especialistas em disciplinas mecatrônicas. A expertise da MWF Mechatronics abrange desde as etapas de projeto de soluções mecatrônicas até às suas implementações físicas, passando por: análise dinâmica; controle digital; processamento de sinais; implementação de *firmware*; monitoramento, pós-processamento e análise de alto nível. Atuante no setor automotivo há vários anos, o grupo MWF, do qual a MWF Mechatronics faz parte, desenvolve suas próprias plataformas de processamento em tempo real, às quais serão de fundamental importância para a prototipagem do sistema integrado INS/GNSS, baseado na técnica PPP-TR, que se espera desenvolver.

Além de significativamente inovador, portanto, o projeto aqui proposto conta com uma equipe executora de reconhecida experiência em suas áreas de atuação, apresentando relevância imediata para diversas áreas consideradas estratégicas para o desenvolvimento e soberania nacional, tais como, o transporte rodoviário, a indústria aeroespacial, o agronegócio, entre outros.

11. METODOLOGIA / FORMA DE DESENVOLVIMENTO

A metodologia a ser adotada no âmbito do projeto proposto consistirá, a princípio, no cumprimento das seguintes etapas:

a. **Revisão bibliográfica:** a equipe (coordenador geral, coordenador associado, pesquisadores, alunos e colaboradores) concentrará esforços no estudo, compreensão teórica, e estado da arte das atuais técnicas relacionadas ao PPP-TR. Serão recapitulados também, os principais algoritmos de estimação de posição, baseados nas observáveis GNSS (em especial, pseudo-distâncias), bem como os principais erros (de modo comum e não-comum) que corrompem as anteriores. Em particular, investigar-se-á a natureza de tais erros, bem como modelos/algoritmos tipicamente usados para mitigá-los. Por fim, serão estudadas as principais características de IMUs, algoritmos de calibração de sensores inerciais, técnicas de inicialização (alinhamento) de INS, e topologias de integração de INS com sensores auxiliares. Dar-se-á especial enfoque à: (i) técnica de modelagem estocástica de sensores inerciais conhecida como Variância de Allan (AV); (ii) estudo da propagação de erros em INS; (iii) topologias de integração INS/barômetro (usadas para estabilizar o canal vertical do sistema); e (iv) topologias de integração INS/GNSS dos tipos fracamente e fortemente acopladas. Simulações computacionais baseadas em dados fictícios de sensores/receptores deverão ser concebidas, para fins de teste e validação dos algoritmos estudados;

- b. **Caracterização das correções PPP-TR:** a equipe investigará e compreenderá a natureza das correções fornecidas pelo IGS e FCAG-UNLP. Nessa etapa, deverá ser entendido o formato através do qual as correções são fornecidas (RINEX, SSR, IONEX, ANTEX, SINEX, etc.), os modelos a serem usados nas compensações, e a eventual necessidade de se aplicar correções adicionais, devido por exemplo, à existência de: (i) *Differential Code Biases* (DCBs) nos relógios dos satélites, (ii) desvios nos centros de fase (*phase center offsets*) nas antenas dos receptores e satélites, (iii) movimentação da crosta terrestre devido à atração solar e lunar (*solid Earth tides*), (iv) diferentes sistemas de representação de coordenadas empregados (WGS84, ITRF, SIRGAS, etc.), (v) imprecisão dos modelos de atraso troposférico adotados, (vi) entre outros. Especificamente no que diz respeito às correções fornecidas pelo IGS (para os erros de relógio dos satélites e erros de efemérides), deverão ser concebidos algoritmos capazes de decodificar as correções e adaptá-las ao formato necessário para processamento em ambiente Matlab®, e (futuramente) em uma placa controladora de tempo real. Dever-se-á atentar, especialmente, para a necessidade de interpolação temporal das correções, e eventuais efeitos de latência nas mesmas. No que diz respeito às correções fornecidas pela FGAC-UNLP (para os erros de atraso ionosféricos), dever-se-á também atentar para a necessidade de interpolação espacial das correções (uma vez que essas são, em geral, fornecidas em formato de grid points), bem como para o cômputo/aplicação dos chamados fatores de inclinação/obliquidade (*slant*). Tais fatores são importantes pois compensam o fato dos sinais GNSS incidirem sobre a ionosfera sob ângulos de incidência que dependem da elevação dos satélites com relação ao receptor do usuário, o que modifica a magnitude do atraso imposto aos mesmos;
- c. **Coleta de dados estacionários:** a equipe utilizará o *software* gratuito *BKG Ntrip Client* (BNC), concebido pela BKG, para coletar, em tempo real, dados de observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), mensagens de navegação (efemérides transmitidas), e correções PPP-TR. Nessa etapa, as observáveis GNSS a serem coletadas (em especial, pseudo-distâncias) deverão corresponder a receptores de alta qualidade pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em especial ao receptor recentemente (2018) instalado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). As correções associadas aos atrasos ionosféricos deverão ser coletadas diretamente no servidor da FCAG-UNLP. Após coletadas, as observáveis/correções deverão ser adaptadas para uso, conforme algoritmos concebidos na etapa anterior. Adicionalmente, também deverão ser coletados dados de magnetômetros e sensores inerciais de diferentes qualidades (módulos u-blox C102-F9R, X-Sens MTI-7 e X-Sens MTi-680G), em condição estacionária. Os sensores deverão ser montados em marcos geodésicos existentes no campus da UFLA, cujas coordenadas são conhecidas com precisão centimétrica, de forma a facilitar o posterior tratamento dos dados;
- d. **Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário estacionário):** de posse dos dados/correções GNSS coletados, a equipe deverá implementar algoritmos de estimação PPP-TR, em ambiente Matlab®, mas de forma pós-processada. O objetivo é facilitar a identificação de inconsistências nas estimativas, permitir a validação da adequação dos algoritmos testados, e fornecer bases de comparabilidade entre diferentes abordagens de estimação. Nessa etapa, por exemplo, poderão ser investigados algoritmos via Mínimos Quadrados Iterado (ILS), Mínimos Quadrados Iterado Ponderado (WILS), e Filtro de Kalman (KF). A utilização de pseudo-distâncias diferenciadas entre satélites também poderá ser investigada, como forma de se eliminar a necessidade de estimação dos erros de relógio dos receptores, como parte dos algoritmos. O desempenho dos algoritmos PPP-TR para diferentes constelações GNSS, bem como diferentes modelos de compensações troposféricas, também deverá ser analisado nessa etapa. Paralelamente, os dados coletados dos sensores inerciais serão usados para caracterização dos erros estocásticos existentes nos mesmos, via técnica da AV. Serão implementados, também em ambiente Matlab®, algoritmos de navegação inercial, e investigada a influência dos seguintes fatores na degradação da respectiva solução de navegação: (i) etapa de inicialização/alinhamento do INS; e (ii) qualidade dos sensores inerciais. Para a etapa de alinhamento, em particular, dever-se-á recorrer a técnicas baseadas em informações auxiliares de magnetômetros, o que demandará, necessariamente, a implementação de técnicas de calibração (em campo) desses sensores;

- e. **Avaliação da latência das correções PPP-TR:** de posse dos dados coletados, a equipe deverá conduzir estudos relacionados à degradação da estimação de posicionamento, em função do tempo existente entre a geração das correções PPP-TR, e sua efetiva aplicação. O objetivo é simular, por exemplo, o efeito de eventuais atrasos, perdas e/ou falhas de transmissão das correções, devido às limitações físicas das redes de comunicação, passíveis de ocorrer em uma aplicação real. Nessa etapa, poderão ser investigadas também, questões como a perda de precisão da solução de posicionamento, quando da existência de observáveis GNSS corrompidas (outliers);
- f. **Tratamento dos efeitos de multicaminho:** uma vez finalizada a etapa anterior, estratégias de estimação inovadoras, envolvendo por exemplo, a modelagem dos efeitos de multicaminho do GNSS, como elementos adicionais no vetor de estados do KF, também poderão ser investigadas. Nesse sentido, e caso disponibilizado pelos receptores GNSS empregados, também poderá ser investigado o uso das observáveis deslocamento na frequência (Doppler) da onda portadora, como forma de auxiliar a estimação dos efeitos de multicaminho. Dentre outras técnicas que poderão ser investigadas, destacam-se: (i) tratamento do multicaminho via filtragem espectral dos sinais GNSS; e (ii) tratamento via combinação de pseudo-distâncias e fases da onda portadora;
- g. **Coleta de dados dinâmicos:** a equipe conduzirá ensaios experimentais, de forma a coletar uma nova massa de dados (leituras de sensores inerciais, observáveis/mensagens de navegação GNSS e correções PPP-TR), agora para um veículo em movimento. Nessa etapa, deverão ser utilizados: (i) protótipos de veículos terrestres autônomos, em escala reduzida, pertencentes ao Laboratório do Núcleo de Estudos em Tecnologia, Robótica, Otimização e Inteligência Artificial (TROIA), e ao Laboratório de Mobilidade Terrestre (LMT), coordenados pela equipe proponente; (ii) veículos terrestres automotivos, disponibilizados pela ICT proponente. Como receptores GNSS, deverão ser utilizados os seguintes modelos: (i) o receptor GNSS Spectra SP60 L1/L2 RTK, de dupla frequência, para o estabelecimento das trajetórias de referência (*ground truth*); (ii) o receptor Trimble AgGPS™ 114, o qual é adicionalmente equipado com um receptor DGNSS, e para o qual correções diferenciais podem ser fornecidas, via assinatura, pelas empresas Omnistar e Racal; (iii) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox NEO-M8U, que combina observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou) em simples frequência com medições de sensores inerciais; (iv) os módulos de navegação integrada INS/GNSS X-Sens MTi-7 e MTi-680G RTK, que além de fornecerem uma solução INS/GNSS comercial para comparação com os algoritmos a serem implementados, também disponibilizam medições adicionais de magnetômetros e barômetro; (v) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox C102-F9R, que é capaz de adquirir sinais GNSS de várias frequências e constelações. As correções necessárias ao PPP-TR ainda serão coletadas via *software* BNC, e servidor proprietário da FCAG-UNLP. Diferentes trajetórias para os veículos deverão ser ensaiadas, tanto em ambiente urbano quanto rural. No que tange especificamente a esse último, dar-se-á preferência à execução de trajetórias por entre fileiras de lavouras agrícolas, uma vez que a principal aplicação do sistema proposto é nesse tipo de ambiente;
- h. **Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário dinâmico):** de posse dos novos dados coletados, a equipe os utilizará nos algoritmos previamente investigados, ainda em ambiente Matlab®, e de forma pós-processada. Nessa etapa, serão comparados os desempenhos (em termos de precisão) da solução PPP-TR proposta em relação aos tradicionais INS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS e RTK. Para geração das trajetórias de referência, as observáveis dos receptores GNSS de dupla frequência deverão ser processadas por um *software* de PPP-PP, a princípio o *Canadian Spatial Reference System* (CSRS). Em particular, investigar-se-á a capacidade das soluções testadas em atender a especificações do setor automotivo, tais como a SAE J2945.
- i. **Implementação/avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (ambiente Matlab®):** nessa etapa, e de posse dos dados dinâmicos coletados, a equipe concentrará esforços na concepção e implementação (em ambiente Matlab®) de algoritmos de fusão sensorial entre a solução GNSS PPP-TR concebida, e o INS. Deverá ser investigado o desempenho (em termos de exatidão/precisão) das principais topologias de integração INS/GNSS, a saber, topologias fracamente e fortemente acopladas, com relação às tradicionais soluções INS (não auxiliado), GNSS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS, RTK, e PPP-TR. Em particular, dar-se-á ênfase na comparação

dos desempenhos das soluções anteriores, em situações com reconhecida perda de recepção dos sinais GNSS por parte do receptor (*outages*), bem como latência no recebimento das correções PPP-TR. Novamente, o objetivo será determinar a capacidade das soluções testadas em atender à especificação SAE J2945.

j. **Implementação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real):** nessa etapa, e com os algoritmos devidamente testados e validados em ambiente Matlab®, passar-se-á à implementação dos mesmos em uma placa controladora de tempo real, a princípio, a plataforma qFire 1XXU (de fabricação do próprio grupo MWF). Nessa etapa, deverão ser investigadas questões como: protocolos de comunicação entre os receptores GNSS de baixo custo (possivelmente o módulo u-Blox C102-F9R) e a placa controladora; configuração do *software* BNC na placa controladora; acesso da placa à internet, via *hardwares* específicos, para aquisição das correções PPP-TR; comunicação da placa com um dispositivo remoto (computador ou celular), para fins de monitoramento da posição do sistema, etc. Placas controladoras de tempo real diferentes da supracitada poderão, eventualmente, ser empregadas nessa etapa, caso atendam aos requisitos de processamento necessários, e sejam de menor custo;

k. **Avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real):** nessa etapa, e com os algoritmos INS/PPP-TR devidamente implementados na placa controladora de tempo real, eles serão testados e comparados com as tradicionais soluções de posicionamento de precisão DGNSS, RGNSS e RTK, com vistas à demonstração da funcionalidade do sistema proposto (protótipo) em ambiente operacional (TRL 7). Novos ensaios experimentais serão conduzidos, em condições similares às apresentadas na etapa “g”, i.e., ensaios com veículos em trajetórias urbanas e rurais, e a solução de navegação fornecida pelo sistema INS/PPP-TR prototipado será armazenada (*logged*) para posterior análise. Eventuais inconsistências de processamento e/ou navegação serão identificadas e prontamente sanadas. Novamente, o objetivo global da etapa será determinar a capacidade do sistema proposto em atender à especificação SAE J2945;

l. **Divulgação/Proteção dos resultados e prestação de contas:** a equipe concentrará esforços no que diz respeito ao: (i) preparo e submissão de artigos em conferências e periódicos especializados; (ii) defesa de dissertações de mestrado e teses de doutorado, relacionadas ao tema, conduzidas no âmbito do projeto; (iii) depósito de eventuais programas de computador e patentes, passíveis de proteção, desenvolvidos no âmbito do projeto; (iv) redação e submissão de relatório final à Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP).

12. RESULTADOS ESPERADOS

Com a consecução do projeto proposto, espera-se que os seguintes resultados sejam alcançados e/ou viabilizados no médio/longo prazo:

- Concepção (por parte da parceria UFLA/MWF Mechatronics) de um protótipo de sistema de posicionamento de precisão e baixo custo, com integração INS/GNSS via técnica PPP-TR, para veículos agrícolas conectados;
- Fomento ao desenvolvimento de sistemas de posicionamento de precisão em território brasileiro, com evidente relevância para a soberania nacional;
- Fomento ao desenvolvimento de subprodutos/subsistemas de segurança veicular e automação agrícola que dependem de soluções de posicionamento de precisão e baixo custo;
- Incentivo à expansão das atividades de Agricultura de Precisão (AP), em especial por parte de pequenos e médios agricultores, com consequente: a) aumento na produtividade dos cultivos, b) aumento na lucratividade dos empreendimentos agrícolas, c) geração de emprego e renda, d) aumento na qualidade dos alimentos, e) racionalização no uso de insumos/fertilizantes/defensivos, f) redução no dano/ degradação do solo, g) melhoria generalizada na qualidade de vida dos produtores rurais;
- Incentivo à adesão, por parte da população, às tecnologias habilitadoras da solução proposta, em especial, o INS/PPP-TR, para posicionamento pessoal.
- Formação de recursos humanos especializados na área do projeto proposto, através da orientação de alunos graduação (Iniciações Científicas (IC) e Trabalhos de Conclusão de Curso

(TCC)), e pós-graduação (mestrados e doutorados), vinculados à Universidade Federal de Lavras (UFLA).

- Publicação de artigos científicos em periódicos especializados, bem como em conferências nacionais e internacionais, e em eventos de natureza tecnológica, com vistas à divulgação dos resultados obtidos, e à captação de recursos.
- Concepção de eventuais algoritmos inovadores, e consequente proteção intelectual dos mesmos, junto ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI);
- Capacitação técnica da equipe proponente, e consequente fortalecimento dos programas de pós-graduação dos quais ela faz parte, em especial, o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação (PPGESISA) e o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), ambos da UFLA. Nesse sentido, espera-se que novas disciplinas de pós-graduação possam ser criadas, na área do projeto proposto.
- Fortalecimento/Expansão da rede de pesquisa internacional, através de colaborações informais já em andamento entre o coordenador geral e pesquisadores especialistas na área do projeto (como o Prof. Jay A. Farrell, da *University of California Riverside* (UCR)), com vistas à: submissão/consecução de projetos de pesquisa em conjunto; intercâmbio de alunos de graduação e pós-graduação; estabelecimento de missões de curta duração para professores/pesquisadores visitantes; publicação de artigos em periódicos especializados, também em conjunto;
- Fomento à transferência de tecnologia do setor público (UFLA) para o privado (MWF Mechatronics), com vistas à futura colocação de um produto comercial, tecnológico e inovador no mercado agrícola automotivo. Tal resultado está associado à já existente colaboração do coordenador geral com as empresas MWF Mechatronics Ltda. (MWF Mechatronics) e TDI Máquinas Agrícolas Indústria e Comércio Ltda. (TDI), cujas ações de empreendedorismo inovador estão alinhadas com o projeto de pesquisa tecnológica aqui proposto.

De acordo com o *Technology Readiness Level* (TRL), padrão de mensuração empregado na avaliação da maturidade tecnológica de projetos de desenvolvimento tecnológico e/ou de inovação, o projeto proposto se encontra, atualmente, no nível 2 (formulação de conceitos tecnológicos e/ou de aplicação). Com a consecução do mesmo, espera-se, em princípio, que o nível 7 do TRL seja alcançado (demonstração de protótipo do sistema em ambiente operacional).

III – PRAZO DE EXECUÇÃO DO PROJETO

13. PRAZO NECESSÁRIO À EXECUÇÃO DO PROJETO

36 (trinta e seis) meses

IV – PARTICIPAÇÃO DE FUNDAÇÃO DE APOIO

14. FUNDAÇÃO DE APOIO PARTICIPANTE

1. Tipo de participação		2. Razão Social	
INTERVENIENTE		FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO CIENTÍFICO E CULTURAL	
3. Endereço da sede (av., rua, nº, bairro)		4. CNPJ/MF	
Campus Histórico da UFLA, s/n		07.905.127/0001-07	
5. Cidade/Estado		6. CEP	7. Telefone
Lavras / MG		37.200-000	(35) 3829-1901
8. Nome do representante legal			9. CPF/MF
ANTONIO CARLOS LACRETA JUNIOR			
10. Identidade	11. Órgão Expedidor	12. Cargo	13. Data venc. mandato
	SSP/MG	Diretor Executivo	29/05/2024

15. JUSTIFICATIVA PARA PARTICIPAÇÃO DA FUNDAÇÃO

A Universidade Federal de Lavras possui uma grande demanda interna no que diz respeito à gestão da Instituição como um todo, seja na Pró-Reitoria de Planejamento e Gestão – PROPLAG, nos órgãos de aquisição e gestão de materiais (Diretoria de Gestão de Materiais - DGM e Diretoria de Materiais e Patrimônio - DMP), ou área financeira (Diretoria de Contabilidade - DCONT). Além disso, a UFLA conta com um número reduzido de servidores técnicos administrativos para atender a grande demanda existente, além da impossibilidade de contratação de pessoas para trabalhos por

tempo determinado. Dessa forma, a UFLA necessita do suporte de uma fundação de apoio para gestão dos recursos financeiros deste projeto.

A Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural - FUNDECC, credenciada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e Ministério da Educação (MEC), e autorizada pelo Conselho Universitário (CUNI/UFLA) como fundação de apoio da UFLA, possui uma equipe técnica especializada e capacitada, sistema de gestão informatizado e *online* para gestão financeira de recursos provenientes de projetos realizados com a UFLA, instituições de fomento, empresas públicas e privadas, dentre outros. Assim, a FUNDECC é a alternativa mais viável para a gestão administrativa deste projeto, pois, conforme estabelecido em seu Estatuto, tem como premissa o apoio ao desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão, bem como o desenvolvimento institucional, científico e tecnológico da Universidade Federal de Lavras, assessorando a gestão e execução dos projetos.

A Lei nº 8.958/94 em seu art. 3º, §1º, com redação dada pela lei nº 12.863/13 prevê: "...que as fundações de apoio, com anuência expressa das instituições apoiadas, poderão captar e receber diretamente os recursos financeiros necessários à formação e à execução dos projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação, sem ingresso na conta única do Tesouro Nacional." Neste sentido, se faz de suma importância a celebração de convênio com a finalidade de repassar à FUNDECC a gestão dos recursos provenientes do presente projeto para que esta Instituição Federal de Ensino Superior consiga executar a parte técnica e atingir os objetivos propostos. Atualmente, a UFLA encontra dificuldades na execução de projetos em decorrência das demandas de pessoal, aquisição de insumos e manutenção de bens duráveis, bem como da logística necessária à realização de cada uma das etapas das rotinas realizadas.

A FUNDECC, portanto, poderá realizar a gestão administrativa, financeira, contábil e de logística, dando autonomia à equipe executora para realizar a parte técnica do projeto, dentro do padrão de excelência esperado para uma Instituição renomada como a UFLA.

V – PLANO DE TRABALHO DO PROJETO

16. EQUIPE TÉCNICA

16.1. INTEGRANTES PRÉ-DEFINIDOS

Função no Projeto	Nome	CPF
Coordenador	Felipe Oliveira e Silva	[REDACTED]
Instituição	Cargo/Função/Discente de:	Regime de trabalho/estudo
Universidade Federal de Lavras	Professor	Dedicação exclusiva
Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)	Metas/Etapa/Fase de que participará	
8 horas	Todas as metas	
Receberá Bolsa?	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
☒ Sim ☐ Não	Estímulo à inovação	36 meses
		Valor Mensal da Bolsa
		R\$6.200,00

Função no Projeto	Nome	CPF
Pesquisador	Danilo Alves de Lima	[REDACTED]
Instituição	Cargo/Função/Discente de:	Regime de trabalho/estudo
Universidade Federal de Lavras	Professor	Dedicação exclusiva
Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)	Metas/Etapa/Fase de que participará	
2 horas	Metas 1, 6, 9, 10, 11, 12	
Receberá Bolsa?	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
☒ Sim ☐ Não	Estímulo à inovação	36 meses
		Valor Mensal da Bolsa
		R\$1.500,00

Função no Projeto	Nome	CPF
Pesquisador	Gabriel Araújo e Silva Ferraz	[REDACTED]
Instituição	Cargo/Função/Discente de:	Regime de trabalho/estudo
Universidade Federal de Lavras	Professor	Dedicação exclusiva
Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)	Metas/Etapa/Fase de que participará	
2 horas	Metas 1, 5, 7, 12	
Receberá Bolsa?	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
☐ Sim ☒ Não	-	-
		Valor Mensal da Bolsa
		-

Função no Projeto	Nome	CPF
Pesquisador	Fábio Moreira da Silva	[REDACTED]
Instituição	Cargo/Função/Discente de:	Regime de trabalho/estudo
Universidade Federal de Lavras	Professor	Dedicação exclusiva
Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)	Metas/Etapa/Fase de que participará	

2 horas		Metas 1, 3, 7, 12	
Receberá Bolsa?	☐ Sim ☒ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		-	-
Função no Projeto	Nome		CPF
Equipe Técnica	Gleydson Antônio de Oliveira Campos		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
Universidade Federal de Lavras	2 horas		Técnico-administrativo
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Metas 1, 3, 7, 12		Dedicação exclusiva	
Receberá Bolsa?	☐ Sim ☒ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		-	-
Função no Projeto	Nome		CPF
Colaborador	Gustavo de Souza Carvalho		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
Universidade Federal de Lavras	2 horas		Discente de mestrado
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Todas as metas		Curso diurno	
Receberá Bolsa?	☒ Sim ☐ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		Doutorado	36 meses
Valor Mensal da Bolsa		R\$3.100,00	
Função no Projeto	Nome		CPF
Colaborador	Ludmila Aparecida de Oliveira		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
Universidade Federal de Lavras	2 horas		Discente de mestrado
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Metas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12		Curso diurno	
Receberá Bolsa?	☒ Sim ☐ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		Mestrado	24 meses
Valor Mensal da Bolsa		R\$2.100,00	
Função no Projeto	Nome		CPF
Colaborador	Nilson Pereira Mata Júnior		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
Universidade Federal de Lavras	2 horas		Discente de mestrado
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Metas 1, 3, 4, 7, 9, 10, 12		Curso diurno	
Receberá Bolsa?	☒ Sim ☐ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		Mestrado	24 meses
Valor Mensal da Bolsa		R\$2.100,00	
Função no Projeto	Nome		CPF
Colaborador	Geordan Barcellar de Oliveira		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
Universidade Federal de Lavras	2 horas		Discente de mestrado
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Metas 1, 4, 7, 9, 10, 11, 12		Curso diurno	
Receberá Bolsa?	☐ Sim ☒ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		-	-
Função no Projeto	Nome		CPF
Colaborador	Marcos Tadeu Xavier Ferreira		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
Universidade Federal de Lavras	2 horas		Discente de graduação
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Metas 1, 3, 4, 7, 9, 10, 12		Curso diurno	
Receberá Bolsa?	☐ Sim ☒ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		-	-
Função no Projeto	Nome		CPF
Colaborador	Rogério Paes Menezes Filho		[REDACTED]
Instituição	Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)		Cargo/Função/Discente de:
MWF Mechatronics Ltda.	8 horas		Sócio/Engenheiro
Metas/Etapa/Fase de que participará		Regime de trabalho/estudo	
Metas 7, 8, 9, 10, 11, 12		40 h	
Receberá Bolsa?	☐ Sim ☒ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa
		-	-

Função no Projeto Nome CPF

Colaborador	Alexandre Carvalho Leite			
Instituição	MWF Mechatronics Ltda.	Cargo/Função/Discende de:	Sócio/Engenheiro de Sistemas	Regime de trabalho/estudo
				40 h
Carga Horária de dedicação ao Projeto (horas semanais)	4 horas		Metas/Etapa/Fase de que participará	Metas 9, 10, 11
Receberá Bolsa?	☐ Sim ☒ Não	Tipo de Bolsa (Res. CUNI 004/2018)	Período da Bolsa	Valor Mensal da Bolsa
		-	-	-

16.2. FUNÇÕES DO PROJETO PARA SELEÇÃO DE MEMBROS

Função	Quantidade	Carga Horária de dedicação	Forma de Remuneração	Valor Mensal [R\$]	Duração (meses)	Metas/Atividades
Bolsista de doutorado	1	40 horas	Bolsa de doutorado	3.100,00	36	Todas as metas

Função	Quantidade	Carga Horária de dedicação	Forma de Remuneração	Valor Mensal [R\$]	Duração (meses)	Metas/Atividades
Bolsista de mestrado	4	40 horas	Bolsa de mestrado	2.100,00	24	Todas as metas

Função	Quantidade	Carga Horária de dedicação	Forma de Remuneração	Valor Mensal [R\$]	Duração (meses)	Metas/Atividades
Bolsista de estímulo à inovação	1	40 horas	Bolsa de estímulo à inovação	1.500,00	18	Metas 7, 8, 9, 10, 11, 12

17. CRONOGRAMA FÍSICO-FINANCEIRO

META	DESCRIÇÃO DA META
1	Revisão bibliográfica

ETAPA/FASE

A equipe (coordenador geral, coordenador associado, pesquisadores, alunos e colaboradores) concentrará esforços no estudo, compreensão teórica, e estado da arte das atuais técnicas relacionadas ao PPP-TR. Serão recapitulados também, os principais algoritmos de estimação de posição, baseados nas observáveis GNSS (em especial, pseudo-distâncias), bem como os principais erros (de modo comum e não-comum) que corrompem as anteriores. Em particular, investigar-se-á a natureza de tais erros, bem como modelos/algoritmos tipicamente usados para mitigá-los. Por fim, serão estudadas as principais características de IMUs, algoritmos de calibração de sensores inerciais, técnicas de inicialização (alinhamento) de INS, e topologias de integração de INS com sensores auxiliares. Dar-se-á especial enfoque à: (i) técnica de modelagem estocástica de sensores inerciais conhecida como Variância de Allan (AV); (ii) estudo da propagação de erros em INS; (iii) topologias de integração INS/barômetro (usadas para estabilizar o canal vertical do sistema); e (iv) topologias de integração INS/GNSS dos tipos fracamente e fortemente acopladas. Simulações computacionais baseadas em dados fictícios de sensores/receptores deverão ser concebidas, para fins de teste e validação dos algoritmos estudados.

Período de realização (em meses)	Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da etapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término		
1	36	Unidade	Variável
			115.000,00

META	DESCRIÇÃO DA META
2	Caracterização das correções PPP-TR

ETAPA/FASE

A equipe investigará e compreenderá a natureza das correções fornecidas pelo IGS e FCAG-UNLP. Nessa etapa, deverá ser entendido o formato através do qual as correções são fornecidas (RINEX, SSR, IONEX, ANTEX, SINEX, etc.), os modelos a serem usados nas compensações, e a eventual necessidade de se aplicar correções adicionais, devido por exemplo, à existência de: (i) *Differential Code Biases* (DCBs) nos relógios dos satélites, (ii) desvios nos centros de fase (*phase center offsets*) nas antenas dos receptores e satélites, (iii) movimentação da crosta terrestre devido à atração solar e lunar (*solid Earth tides*), (iv) diferentes sistemas de representação de coordenadas empregados (WGS84, ITRF, SIRGAS, etc.), (v) imprecisão dos modelos de atraso troposférico adotados, (vi) entre outros. Especificamente no que diz respeito às correções fornecidas pelo IGS (para os erros de relógio dos satélites e erros de efemérides), deverão ser concebidos algoritmos capazes de decodificar as correções e adaptá-las ao formato necessário para processamento em ambiente Matlab®, e (futuramente) em uma placa controladora de tempo real. Dever-se-á atentar, especialmente, para a necessidade de interpolação temporal das correções, e eventuais efeitos de latência nas mesmas. No que diz respeito às

correções fornecidas pela FGAC-UNLP (para os erros de atraso ionosféricos), dever-se-á também atentar para a necessidade de interpolação espacial das correções (uma vez que essas são, em geral, fornecidas em formato de grid points), bem como para o cômputo/aplicação dos chamados fatores de inclinação/obliquidade (*slant*). Tais fatores são importantes pois compensam o fato dos sinais GNSS incidirem sobre a ionosfera sob ângulos de incidência que dependem da elevação dos satélites com relação ao receptor do usuário, o que modifica a magnitude do atraso imposto aos mesmos.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da tapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
4	6	Unidade	Variável	45.000,00

META	DESCRIÇÃO DA META
3	Coleta de dados estacionários

ETAPA/FASE

A equipe utilizará o *software* gratuito *BKG Ntrip Client* (BNC), concebido pela BKG, para coletar, em tempo real, dados de observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou), mensagens de navegação (efemérides transmitidas), e correções PPP-TR. Nessa etapa, as observáveis GNSS a serem coletadas (em especial, pseudo-distâncias) deverão corresponder a receptores de alta qualidade pertencentes à Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo (RBMC) do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em especial ao receptor recentemente (2018) instalado na Universidade Federal de Lavras (UFLA). As correções associadas aos atrasos ionosféricos deverão ser coletadas diretamente no servidor da FGAC-UNLP. Após coletadas, as observáveis/correções deverão ser adaptadas para uso, conforme algoritmos concebidos na etapa anterior. Adicionalmente, também deverão ser coletados dados de magnetômetros e sensores inerciais de diferentes qualidades (módulos u-blox C102-F9R, X-Sens MTI-7 e X-Sens MTI-680G), em condição estacionária. Os sensores deverão ser montados em marcos geodésicos existentes no campus da UFLA, cujas coordenadas são conhecidas com precisão centimétrica, de forma a facilitar o posterior tratamento dos dados.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da tapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
7	9	Unidade	Variável	57.600,00

META	DESCRIÇÃO DA META
4	Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário estacionário)

ETAPA/FASE

De posse dos dados/correções GNSS coletados, a equipe deverá implementar algoritmos de estimação PPP-TR, em ambiente Matlab®, mas de forma pós-processada. O objetivo é facilitar a identificação de inconsistências nas estimativas, permitir a validação da adequação dos algoritmos testados, e fornecer bases de comparabilidade entre diferentes abordagens de estimação. Nessa etapa, por exemplo, poderão ser investigados algoritmos via Mínimos Quadrados Iterado (ILS), Mínimos Quadrados Iterado Ponderado (WLS), e Filtro de Kalman (KF). A utilização de pseudo-distâncias diferenciadas entre satélites também poderá ser investigada, como forma de se eliminar a necessidade de estimação dos erros de relógio dos receptores, como parte dos algoritmos. O desempenho dos algoritmos PPP-TR para diferentes constelações GNSS, bem como diferentes modelos de compensações troposféricas, também deverá ser analisado nessa etapa. Paralelamente, os dados coletados dos sensores inerciais serão usados para caracterização dos erros estocásticos existentes nos mesmos, via técnica da AV. Serão implementados, também em ambiente Matlab®, algoritmos de navegação inercial, e investigada a influência dos seguintes fatores na degradação da respectiva solução de navegação: (i) etapa de inicialização/alinhamento do INS; e (ii) qualidade dos sensores inerciais. Para a etapa de alinhamento, em particular, dever-se-á recorrer a técnicas baseadas em informações auxiliares de magnetômetros, o que demandará, necessariamente, a implementação de técnicas de calibração (em campo) desses sensores.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da tapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
10	12	Unidade	Variável	57.600,00

META	DESCRIÇÃO DA META
5	Avaliação da latência das correções PPP-TR

ETAPA/FASE

De posse dos dados coletados, a equipe deverá conduzir estudos relacionados à degradação da estimação de posicionamento, em função do tempo existente entre a geração das correções PPP-TR, e sua efetiva aplicação. O objetivo é simular, por exemplo, o efeito de eventuais atrasos, perdas e/ou falhas de transmissão das correções, devido às limitações físicas das redes de comunicação, passíveis de ocorrer em uma aplicação real. Nessa etapa, poderão ser investigadas também, questões como a perda de precisão da solução de posicionamento, quando da existência de observáveis GNSS corrompidas (*outliers*).

Período de realização (em meses)	Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da
----------------------------------	-------------------	------------	----------------

Mês de Início	Mês de Término	Unidade	Variável	tapa/Fase [R\$]
13	15			57.600,00

META	DESCRIÇÃO DA META
6	Tratamento dos efeitos de multicaminho

ETAPA/FASE

Uma vez finalizada a etapa anterior, estratégias de estimação inovadoras, envolvendo por exemplo, a modelagem dos efeitos de multicaminho do GNSS, como elementos adicionais no vetor de estados do KF, também poderão ser investigadas. Nesse sentido, e caso disponibilizado pelos receptores GNSS empregados, também poderá ser investigado o uso das observáveis deslocamento na frequência (Doppler) da onda portadora, como forma de auxiliar a estimação dos efeitos de multicaminho. Dentre outras técnicas que poderão ser investigadas, destacam-se: (i) tratamento do multicaminho via filtragem espectral dos sinais GNSS; e (ii) tratamento via combinação de pseudo-distâncias e fases da onda portadora.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da tapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
16	18	Unidade	Variável	57.600,00

META	DESCRIÇÃO DA META
7	Coleta de dados dinâmicos

ETAPA/FASE

A equipe conduzirá ensaios experimentais, de forma a coletar uma nova massa de dados (leitura de sensores inerciais, observáveis/mensagens de navegação GNSS e correções PPP-TR), agora para um veículo em movimento. Nessa etapa, deverão ser utilizados: (i) protótipos de veículos terrestres autônomos, em escala reduzida, pertencentes ao Laboratório do Núcleo de Estudos em Tecnologia, Robótica, Otimização e Inteligência Artificial (TROIA), e ao Laboratório de Mobilidade Terrestre (LMT), coordenados pela equipe proponente; (ii) veículos terrestres automotivos, disponibilizados pela ICT proponente. Como receptores GNSS, deverão ser utilizados os seguintes modelos: (i) o receptor GNSS Spectra SP60 L1/L2 RTK, de dupla frequência, para o estabelecimento das trajetórias de referência (*ground truth*); (ii) o receptor Trimble AgGPS™ 114, o qual é adicionalmente equipado com um receptor DGNSS, e para o qual correções diferenciais podem ser fornecidas, via assinatura, pelas empresas Omnistar e Racal; (iii) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox NEO-M8U, que combina observáveis GNSS (GPS, GLONASS, Galileo e Beidou) em simples frequência com medições de sensores inerciais; (iv) os módulos de navegação integrada INS/GNSS X-Sens MTi-7 e MTi-680G RTK, que além de fornecerem uma solução INS/GNSS comercial para comparação com os algoritmos a serem implementados, também disponibilizam medições adicionais de magnetômetros e barômetro; (v) o módulo de navegação integrada INS/GNSS u-Blox C102-F9R, que é capaz de adquirir sinais GNSS de várias frequências e constelações. As correções necessárias ao PPP-TR ainda serão coletadas via software BNC, e servidor proprietário da FCAG-UNLP. Diferentes trajetórias para os veículos deverão ser ensaiadas, tanto em ambiente urbano quanto rural. No que tange especificamente a esse último, dar-se-á preferência à execução de trajetórias por entre fileiras de lavouras agrícolas, uma vez que a principal aplicação do sistema proposto é nesse tipo de ambiente.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da tapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
19	21	Unidade	Variável	62.100,00

META	DESCRIÇÃO DA META
8	Implementação/avaliação dos algoritmos PPP-TR (cenário dinâmico)

ETAPA/FASE

De posse dos novos dados coletados, a equipe os utilizará nos algoritmos previamente investigados, ainda em ambiente Matlab®, e de forma pós-processada. Nessa etapa, serão comparados os desempenhos (em termos de precisão) da solução PPP-TR proposta em relação aos tradicionais INS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS e RTK. Para geração das trajetórias de referência, as observáveis dos receptores GNSS de dupla frequência deverão ser processadas por um software de PPP-PP, a princípio o *Canadian Spatial Reference System* (CSRS). Em particular, investigar-se-á a capacidade das soluções testadas em atender a especificações do setor automotivo, tais como a SAE J2945.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da tapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
22	24	Unidade	Variável	62.100,00

META	DESCRIÇÃO DA META
9	Implementação/avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (ambiente Matlab®)

ETAPA/FASE

Nessa etapa, e de posse dos dados dinâmicos coletados, a equipe concentrará esforços na concepção e implementação (em ambiente Matlab®) de algoritmos de fusão sensorial entre a solução GNSS PPP-TR concebida, e o INS. Deverá ser investigado o desempenho (em termos de exatidão/precisão) das principais topologias de integração INS/GNSS, a saber, topologias fracamente e fortemente acopladas, com relação às tradicionais soluções INS (não auxiliado), GNSS (não auxiliado), DGNSS, RGNSS, RTK, e PPP-TR. Em particular, dar-se-á ênfase na comparação dos desempenhos das soluções anteriores, em situações com reconhecida perda de recepção dos sinais GNSS por parte do receptor (*outages*), bem como latência no recebimento das correções PPP-TR. Novamente, o objetivo será determinar a capacidade das soluções testadas em atender à especificação SAE J2945.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da etapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
25	27	Unidade	Variável	49.500,00

META	DESCRIÇÃO DA META
10	Implementação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real)

ETAPA/FASE

Nessa etapa, e com os algoritmos devidamente testados e validados em ambiente Matlab®, passar-se-á à implementação dos mesmos em uma placa controladora de tempo real, a princípio, a plataforma qFire 1XXU (de fabricação do próprio grupo MWF). Nessa etapa, deverão ser investigadas questões como: protocolos de comunicação entre os receptores GNSS de baixo custo (possivelmente o módulo u-Blox C102-F9R) e a placa controladora; configuração do *software* BNC na placa controladora; acesso da placa à internet, via *hardwares* específicos, para aquisição das correções PPP-TR; comunicação da placa com um dispositivo remoto (computador ou celular), para fins de monitoramento da posição do sistema, etc. Placas controladoras de tempo real diferentes da supracitada poderão, eventualmente, ser empregadas nessa etapa, caso atendam aos requisitos de processamento necessários, e sejam de menor custo.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da etapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
28	30	Unidade	Variável	49.500,00

META	DESCRIÇÃO DA META
11	Avaliação dos algoritmos INS/PPP-TR (controlador de tempo real)

ETAPA/FASE

Nessa etapa, e com os algoritmos INS/PPP-TR devidamente implementados na placa controladora de tempo real, eles serão testados e comparados com as tradicionais soluções de posicionamento de precisão DGNSS, RGNSS e RTK, com vistas à demonstração da funcionalidade do sistema proposto (protótipo) em ambiente operacional (TRL 7). Novos ensaios experimentais serão conduzidos, em condições similares às apresentadas na etapa "g", i.e., ensaios com veículos em trajetórias urbanas e rurais, e a solução de navegação fornecida pelo sistema INS/PPP-TR prototipado será armazenada (*logged*) para posterior análise. Eventuais inconsistências de processamento e/ou navegação serão identificadas e prontamente sanadas. Novamente, o objetivo global da etapa será determinar a capacidade do sistema proposto em atender à especificação SAE J2945.

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da etapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
31	33	Unidade	Variável	36.900,00

META	DESCRIÇÃO DA META
12	Divulgação/Proteção dos resultados e prestação de contas

ETAPA/FASE

A equipe concentrará esforços no que diz respeito ao: (i) preparo e submissão de artigos em conferências e periódicos especializados; (ii) defesa de dissertações de mestrado e teses de doutorado, relacionadas ao tema, conduzidas no âmbito do projeto; (iii) depósito de eventuais programas de computador e patentes, passíveis de proteção, desenvolvidos no âmbito do projeto; (iv) redação e submissão de relatório final à Fundação de Desenvolvimento da Pesquisa (FUNDEP)

Período de realização (em meses)		Unidade de Medida	Quantidade	Custo total da etapa/Fase [R\$]
Mês de Início	Mês de Término			
1	36	Unidade	Variável	113.400,00

18. PLANO DE APLICAÇÃO DE RECURSOS

18.1. MATERIAL DE CONSUMO

Especificação	Unidade de Medida	Quantidade	Valores [R\$]	
			Unitário [R\$]	Total [R\$]
N/A	-	-	-	-
18.1.1 Subtotal da rubrica [R\$]				

18.2. MATERIAL PERMANENTE

Especificação	Unidade de Medida	Quantidade	Valores [R\$]	
			Unitário [R\$]	Total [R\$]
Kit de desenvolvimento INS/GNSS RTK Xsens MTi-680G	Unidade	1	35.000,0	35.000,00
Computadores	Unidade	2	7.000,00	14.000,00
18.2.1 Subtotal da rubrica [R\$]				49.000,00

18.3. SERVIÇOS DE TERCEIROS (PESSOAS FÍSICAS E JURÍDICAS)

Especificação	Unidade de Medida	Quantidade	Valores [R\$]	
			Unitário [R\$]	Total [R\$]
Taxas de publicação em periódicos especializados e/ou inscrição em conferências internacionais	Período/conferência	3	3.000,00	9.000,00
Taxa de inscrição em curso de capacitação	Curso	1	18.000,00	18.000,00
Licença de software Matlab	Licença	3	7.000,00	21.000,00
18.3.1 Subtotal da rubrica [R\$]				66.000,00

18.4. DIÁRIAS E RESSARCIMENTOS DE DESPESAS DE VIAGEM

Especificação	Unidade de Medida	Quantidade	Valores [R\$]	
			Unitário [R\$]	Total [R\$]
Diárias internacionais	Diárias	21	1.500,00	31.500,00
18.4.1 Subtotal da rubrica [R\$]				31.500,00

18.5. BOLSAS

Especificação	Quantidade	Valor unitário [R\$]	Valor mensal [R\$]	Número de meses	Total [R\$]
Bolsa de doutorado	1	3.100,00	3.100,00	36	111.600,00
Bolsa de mestrado	4	2.100,00	8.400,00	24	201.600,00
Bolsa de estímulo à inovação	1	1.500,00	1.500,00	18	27.000,00
Bolsa de estímulo à inovação	1	1.500,00	1.500,00	36	54.000,00
Bolsa de estímulo à inovação	1	6.200,00	6.200,00	36	223.200,00
18.5.1 Subtotal da rubrica [R\$]					617.400,00

19. CUSTO DA EXECUÇÃO DO PROJETO [R\$] 763.900,00

20. DESPESAS OPERACIONAIS E ADMINISTRATIVAS DA FUNDAÇÃO DE APOIO

	Administrativo	Financeiro	Jurídico	RH	Projetos	Compras
R\$ 73.690,00	16.447,61	10.471,35	13.337,89	5.349,89	12.733,63	15.349,63
Pessoal	11.865,98	7.554,46	9.622,50	3.859,63	9.186,57	11.073,85
Material de consumo/software	652,90	415,67	529,46	212,37	505,47	609,32
Manutenção móvel/imóvel	384,83	245,00	312,07	125,17	297,93	359,14
Assessorias	2.415,36	1537,74	1.958,69	785,64	1.869,96	2254,12
Tributos/Anuidades/Trabalhistas	93,96	59,82	76,20	30,56	72,75	87,69
Depreciação Patrimonial	579,20	368,75	469,70	188,40	448,42	540,54
Gestão de Projetos	455,36	289,91	369,27	148,12	352,54	424,97

20.1. CUSTO TOTAL DA DESPESA OPERACIONAL [R\$] 73.690,00

21. SUBTOTAL DO PROJETO [R\$] 837.590,00

22. TAXA DE RESSARCIMENTO À UFLA

Cálculo de acordo com o Capítulo V e o Anexo II, Tabela 7 da Resolução CUNI nº 04/2018			
Descrição	Percentual		Valor [R\$]
Taxa de Ressarcimento pelo Nome e Imagem (TRNI)	(Despacho favorável no memorando 130/2021 – NINTEC, em anexo)	–	0,00
22.1. Ressarcimento devido à UFLA [R\$]			0,00

23. TOTAL DO PROJETO [R\$] 837.590,00

VI – CUSTEIO DO PROJETO

24. FONTE DO CUSTEIO E DESCRIÇÃO DOS RECURSOS		
Fonte	descrição da Receita	Valor [R\$]
FUNDEP	Aporte da agência coordenadora/financiadora do edital público	810.590,00
MWF Mechatronics	Contrapartida financeira da empresa parceira	27.000,00
MWF Mechatronics	Contrapartida econômica (capital intelectual, pessoal técnico e de apoio, instalações e equipamentos, serviços e materiais) da empresa parceira	152.456,00
UFLA	Contrapartida econômica (capital intelectual, pessoal técnico e de apoio, instalações e equipamentos, serviços e materiais) da ICT executora	94.216,84
24.1. TOTAL DAS RECEITAS [R\$]		1.084.262,84

VII – CRONOGRAMA DE DESEMBOLSO FINANCEIRO

25. DESCRIÇÃO DO FINANCIAMENTO DO PROJETO

25.1. FUNDEP			
ETAPA/FASE	Mês	Ano	Valor (R\$)
Desembolso 1	Dezembro	2021	405.295,00
Desembolso 2	Junho	2023	405.295,00
25.1.1. TOTAL DO DESEMBOLSO [R\$]			810.590,00

25.2. MWF Mechatronics			
ETAPA/FASE	Mês	Ano	Valor (R\$)
Desembolso 1	Junho	2023	9.000,00
Desembolso 2	Dezembro	2023	9.000,00
Desembolso 3	Junho	2024	9.000,00
25.2.1. TOTAL DO DESEMBOLSO [R\$]			27.000,00

VIII – BENEFÍCIOS A SEREM OBTIDOS PELA UFLA COM A EXECUÇÃO DO PROJETO

26. RELAÇÃO DE BENS, MANUTENÇÃO DA ESTRUTURA, BOLSAS PARA DISCENTES ETC					
Tipo	Descrição	Quant.	Valores [R\$]		
			Unit ou Per Capta	Mensal	Total
Material permanente	Kit de desenvolvimento INS/GNSS RTK Xsens MTi-680G	1	35.000,00	-	35.000,00
Material permanente	Computadores	2	14.000,00	-	14.000,00
Serviços de terceiros	Licença de software Matlab (perpétua)	3	21.000,00	-	21.000,00
Bolsa	Bolsa de doutorado	1	3.100,00	3.100,00	111.600,00
Bolsa	Bolsa de mestrado	4	2.100,00	4.200,00	201.600,00
Bolsa	Estímulo à inovação	1	1.500,00	1.500,00	27.000,00
Bolsa	Estímulo à inovação	1	1.500,00	1.500,00	54.000,00
Bolsa	Estímulo à inovação	1	6.200,00	6.200,00	223.200,00
26.1 VALOR TOTAL DOS BENEFÍCIOS [R\$]					687.400,00

IX – APROVAÇÃO DO PROJETO

27. APROVAÇÃO PELO ÓRGÃO COLEGIADO

Eu abaixo assinado, na condição de Chefe do Departamento de Automática, declaro para os devidos fins que o presente Plano de Trabalho foi aprovado "ad referendum" da Assembleia Departamental, nos termos regimentais, por meio da Portaria nº 07, datada de 17/05/2021, e anexa a este Projeto.

Nome	SIAPE	Assinatura
Daniel Augusto Pereira	1912333	
Cargo/Função	Data	
Professor / Chefe de Departamento	08/09/2021	

28. APROVAÇÃO DA FUNDAÇÃO DE APOIO

Eu abaixo assinado, na condição de Diretor Executivo da Fundação de Desenvolvimento Científico e Cultural (FUNDECC), declaro para os devidos fins que o presente Plano de Trabalho foi aprovado no âmbito desta Fundação.

Declaro, ainda, que não serão contratadas empresas das quais participem de alguma forma o Coordenador do Projeto, ou seu cônjuge, companheiro ou parentes em linha reta, colateral ou por afinidade, até o 3º grau.

Nome	CPF	Assinatura
Antônio Carlos Cunha Lacreta Júnior	[REDACTED]	 Antônio Carlos C Lacreta Jr. CPF: 103 797 888 / 42 Diretor Executivo / FUNDECC
Cargo	Data	
Diretor Executivo	08/09/2021	

29. APROVAÇÃO DA EMPRESA PARCEIRA

Eu abaixo assinado, na condição de sócio-administrador, declaro para os devidos fins que o presente Plano de Trabalho foi aprovado no âmbito da empresa MWF Mechatronics Ltda.

Nome	CPF	Assinatura
Marcelo Carvalho Leite	[REDACTED]	
Cargo	Data	
Sócio-administrador	08/09/2021	

X – DECLARAÇÃO DO COORDENADOR

30. DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins de direito, na função de Coordenador do Projeto relacionado ao presente Plano de Trabalho, que cumprirei o disposto neste Projeto e no instrumento jurídico dele derivado e, em especial o disposto na Resolução CUNI nº 004/2018. Declaro ainda, que não possuo cônjuge, companheiro ou parente em linha reta, colateral ou por afinidade, até o 3º grau, não pertencente ao quadro ou do corpo discente da UFLA, como integrante da equipe técnica.

Nome	SIAPE	Assinatura
Felipe Oliveira e Silva	2143423	
Cargo	Data	
Coordenador	08/09/2021	

