

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

**DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE PADRÃO ISO11783
PARA ADEQUAÇÃO DE SENSORES A SISTEMA DE
AUTOMAÇÃO PARA IMPLEMENTO AGRÍCOLA**

ROBERTO SUZUKI

Orientador: Prof. Dr. Rafael Vieira de Sousa

São Carlos

2012

ROBERTO SUZUKI

**DESENVOLVIMENTO DE INTERFACE
PADRÃO ISO11783 PARA ADEQUAÇÃO
DE SENSORES A SISTEMA DE
AUTOMÇÃO PARA IMPLEMENTO
AGRÍCOLA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Escola de Engenharia de
São Carlos, da Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase
em Eletrônica

ORIENTADOR: Prof. Dr. Rafael Vieira de Sousa

São Carlos

2012

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTA TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

S968d Suzuki, Roberto
Desenvolvimento de interface padrão ISO11783 para
adequação de sensores à sistema de automação para
implemento agrícola. / Roberto Suzuki; orientador
Rafael Vieira Sousa. São Carlos, 2012.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica com
ênfase em Eletrônica) -- Escola de Engenharia de São
Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

1. ISOBUS. 2. ISO11783. 3. CAN. 4. Automação
Agrícola. I. Título.

FOLHA DE APROVAÇÃO

Nome: Roberto Suzuki

Título: “Desenvolvimento de interface padrão ISO11783 para adequação de sensores à sistema de automação para implemento agrícola”

*Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado
em 30/11/2012,*

com NOTA 5,0 (CINCO, ZERO), pela Comissão Julgadora:

*Prof. Dr. Rafael Vieira de Sousa (Orientador)
FZEA/USP*

*Prof. Dr. Dennis Brandão
SEL/EESC/USP*

*Dr. Rubens André Tabile
Pós-doutorando/EMBRAPA*

**Coordenador da CoC-Engenharia Elétrica - EESC/USP:
Prof. Associado Homero Schiabel**

Dedicatória

Dedico este trabalho aos meus pais, Roberto e Diva. Por todo o amor e dedicação que me proporcionaram durante todos esses anos e por serem os maiores exemplos de pessoa que eu possa ter. Sem o apoio e sacrifícios que fizeram por mim eu não teria realizado mais este sonho.

Pai, mãe, amo vocês.

Agradecimentos

Agradeço aos meus pais, irmão e familiares que me apoiaram durante estes anos de graduação das mais variadas maneiras. São eles que sempre estarão ao meu lado nos momentos difíceis e serão os primeiros a comemorarem as minhas conquistas. Obrigado por todo o amor, educação e dedicação.

Agradeço também às famílias que tive em São Carlos: "Família Rep. Shock" (Eduardo, Vinicius, Lucas e Gabriel); "Família Rep. Disco Voador"; "Família Yanagi Taiko" (Bruno, Sônia, Alero, Guto, Marie, Juliana, Yu, Willian, Guilherme, etc) e a "Grande Família Eletrônica 08". Foi ao lado de todos vocês que tive as mais incríveis e inesquecíveis experiências da minha vida. Obrigado pelas festas, viagens, churrascos, noites de estudos, horas de treinos e boas risadas que tivemos juntos. Vocês serão as melhores lembranças que terei destes anos.

Aos professores que tive durante a graduação primeiramente peço desculpas por todo o trabalho que dei. Agradeço a dedicação e a oportunidade que me deram de aprender. Agradeço especialmente aos professores Evandro, Geraldo e Gesualdo pelas histórias, conselhos e conversas que tivemos.

Rafael, muito obrigado pela orientação. Agradeço ao Wellington, Robson e mais uma vez ao Eduardo que foram de extrema importância para a realização deste trabalho. Agradeço também ao professor Ricardo por ter me apresentado à todo o pessoal do NEPAS e pela orientação na iniciação científica.

Agradeço também aos colegas de trabalho Edson, Evandro, Ohira, Paulino, Arquimedes, Rodrigo, Marcelo, Wender, Sergio, Rodolfo, Bruno e Adriano. Obrigado pela oportunidade de trabalhar junto a vocês e pelo apoio no desenvolvimento deste trabalho.

A todos o meu muito obrigado.

Sumário

Lista de Figuras	i
Lista de Siglas	v
Resumo.....	vii
Abstract.....	ix
1. Introdução.....	1
1.1. Objetivo do trabalho	2
1.2. Estrutura da monografia.....	2
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. Agricultura de Precisão	3
2.2. Instrumentação para AP	7
2.2.1. <i>Condutividade elétrica do solo</i>	7
2.2.2. <i>Refletância da planta</i>	10
2.3. ISO11783	10
2.3.1. <i>A norma ISO 11783</i>	15
3. Materiais e Métodos	21
3.1. Materiais	21
3.1.1. <i>Sensores</i>	21
3.1.2. <i>Hardwares</i>	26
3.1.3. <i>Ferramentas computacionais</i>	27

3.2. Métodos	29
3.2.1. Adaptação do sensor de condutividade elétrica	29
3.2.2. Adaptação do sensor de refletância da planta.....	34
4. Resultados	39
4.1. Rotinas de adaptação do sensor de condutividade elétrica do solo	39
4.2. Adaptação do sensor de refletância da planta.....	43
4.3. Resultados finais	45
5. Conclusões	49
Referências Bibliográficas	51
Apêndice A – ISO11783	55

Lista de Figuras

Figura 1 - Ciclo da Agricultura de Precisão (Adaptado de INAMASU et al, 2011)	4
Figura 2 - Variação de condutividade elétrica do solo mapeada (RABELLO et al.2011).....	5
Figura 3 - Sistema "On-the-go" (TANGERINO, 2009).....	6
Figura 4 - Condutividade elétrica por contato direto (RABELLO, 2009)	9
Figura 5 - Utilização de uma comunicação não padronizada (NISSEN, 2009)	11
Figura 6 - Relação entre modelo OSI e padrões ISO11898 e ISO11519 (SOUSA et al., 2007).....	13
Figura 7 - Estrutura dos responsáveis pela norma ISO11783(FTI, 2012)	15
Figura 8 – Rede ISO11783 (SOUSA, 2001)	16
Figura 9 - Medidor de condutividade elétrica do solo (RABELLO, 2009)	22
Figura 10 - Medidor de condutividade elétrica do solo – Modelo VERIS200 (VERIS, 2012).....	22
Figura 11 - Eletrodos em formato de discos (VERIS, 2012)	23
Figura 12 - Diagrama de blocos do sistema protótipo para mapeamento de condutividade elétrica do solo (RABELLO, 2011)	24
Figura 13 - Partes do sensor Crop Circle (HOLLAND, 2012).....	25
Figura 14 - Placa com interface CAN e RS232	26
Figura 15 - Software CANoe da VECTOR.....	28
Figura 16 - Protótipo de medidor de condutividade elétrica	29
Figura 17 - Dados armazenados na memória enviados via serial RS232.....	30

Figura 18 - Rotina de inicialização da porta serial RS232	31
Figura 19 - Trecho da rotina principal após modificações	32
Figura 20 - Object Pool no formato XML	33
Figura 21 – Formato da saída serial do sensor <i>Crop Circle</i>	34
Figura 22 - Diagrama de blocos do <i>software</i> do sensor de condutividade elétrica do solo após as modificações.....	39
Figura 23 - Diagrama de blocos do conjunto ações indicadas na Figura 22.....	40
Figura 24 - Mensagens recebidas e emitidas via serial RS232 após modificações ..	41
Figura 25 - Integração do sensor de condutividade elétrica do solo ao barramento CAN/ISOBUS	42
Figura 26 - Terminal Virtual com a tela do sensor de condutividade elétrica.....	42
Figura 27 - Diagrama de blocos do <i>software</i> desenvolvido para a placa de interface CAN.....	43
Figura 28 - Diagrama de blocos da rotina de gerenciamento de dados especificado na Figura 27.....	44
Figura 29 - Integração do sensor de refletância da planta ao barramento CAN/ISOBUS.....	45
Figura 30 - Integração dos sistemas dos dois sensores através do barramento ISOBUS.....	46
Figura 31 - Bancada ISOBUS (Agrishow 2012). Em destaque os sensores utilizados neste trabalho	47
Figura 32 - Rede ISO 11783 (SOUSA, 2001)	56
Figura 33 - Níveis de sinais elétricos especificados pelas normas ISO11898 e ISO11519 (SOUSA et al., 2007).....	58
Figura 34 - Elementos básicos de uma rede ISOBUS (ISO11783-2, 2002)	59

Figura 35 - Quadro de uma mensagem CAN 2.0 B (ISO11783-3, 1998)	60
Figura 36 - Estrutura do identificador ISOBUS (SOUSA et al., 2007).....	61
Figura 37 - Rede ISOBUS genérica (ISO11783-4, 2001).....	63

Lista de Siglas

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADIS	Agricultural Data Interchange Syntax
AEF	Agricultural Industry Electronics Foundation
AP	Agricultura de Precisão
AS	Source Address
CAN	Controller Area Network
CSMA/NDBA	Carrier Sense Multiple Acces with Non-Destructive
Bitwise Arbitration	
ECU	Electronic Control Unit
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FS	File Server
FTI	Força Tarefa ISOBUS
GPS	Global Positioning System
IGI	Implementation Group ISOBUS
ISO	International Organization for Standardization
MIS	Managemment Information System
NAITF	North American ISOBUS Implementation Task Force
NDVI	Normalized Di_ference Vegetation Index
NEPAS	Núcleo de Estudo e Pesquisa Automação e Simulação

NIU	Network Interconnection Unit
NRZ	Nom Zero Return
OSI	Open System Interconnection
PC	Personal Computer
PDU	Protocol Data Unit
PG	Parameter Group
PGN	Parameter Group Number
SIG	Sistema de Informações Geográ_cas
TBC	Terminating Bias Circuit
TC	Task Controler
VANT	Veículo Aéreo Não Tripulado
VRT	Variable Rate Technologies
VT	Virtual Terminal

Resumo

A norma ISO11783 foi desenvolvida para redes de computadores embarcados em sistemas de automação de máquinas e implementos agrícolas e tem adquirido considerável importância mundialmente. Porém, as empresas brasileiras da área agrícola tem dificuldades em adequar seus produtos às especificações da norma. Nesse sentido esse trabalho busca contribuir com o desenvolvimento de interfaces para dois tipos de sensores utilizados em campo, sensor de condutividade elétrica do solo e sensor de refletância da planta, para integrá-los a barramentos de comunicação de dados padrão ISO11783. O foco do trabalho é a adequação de uma interface de comunicação baseada em microcontrolador para adaptar os sensores a um barramento padrão ISO11783. Os sensores foram integrados a um barramento de laboratório e os desenvolvimentos que permitiram a integração foram validados através da comunicação dos sensores com um terminal tipo IHM (interface homem-máquina).

Palavras chaves: ISO11783, ISOBUS, CAN, Automação Agrícola.

Abstract

The ISO11783 standard is designed for networks of embedded computers in automation machinery and agricultural implements and has acquired considerable importance worldwide. However, the Brazilian agricultural companies have difficulties for adapting their products to the specifications of the standard. In this regard, this work aimed at contributing to contribute to the development of interfaces for two types of sensors used in field, sensor electrical conductivity of soil and plant reflectance sensor, to integrate them into the bus data communication standard ISO11783. The paper focuses on the suitability of a communication interface based on the microcontroller to adapt the sensors to a bus standard ISO11783. The sensors were integrated into a bus in a laboratory that allowed the integration and validated by communicating sensors with a terminal type HMI (human machine interface).

Keywords: ISO11783, ISOBUS, CAN, Agricultural Automation.

1. Introdução

A Agricultura de Precisão (AP) pode ser definida como um conjunto de técnicas que visam aumentar a produtividade de uma lavoura e ainda assim economizar insumos sempre se baseando em dados sobre as características do solo, produtividade, desenvolvimento das plantas, etc. Ou seja, a AP é uma forma de gerir uma lavoura procurando tomar as melhores decisões possíveis a partir de um conjunto de informações. Com o mapeamento dos dados de solo e de planta obtidos é possível determinar a quantidade necessária de insumos necessária para cada pedaço de área do terreno cultivado e, em grandes escalas, isso só se tornou possível com o aprimoramento da instrumentação utilizada nos sensores e em tecnologias de posicionamento geográfico (GPS).

A aplicação em taxa variável (*Variable Rate Technologies* - VRT) de insumos não é um conceito estritamente atual. Porém somente com o desenvolvimento de tecnologias em eletrônica mais avançadas é que foi possível tornar esta prática viável em uma escala maior. Para atender a demanda crescente por alimentos é necessário que haja uma maior produtividade e a procura por produtividade têm levado grandes agricultores à mecanização e automatização dos processos com a finalidade de otimizá-los.

O conceito de VRT é apenas uma das técnicas que a AP abrange. Tais técnicas agem conforme dados obtidos através do sensoriamento de diversas variáveis que o solo e a planta podem fornecer. Porém, nota-se que o tratamento destas informações é tão importante quanto a variedade de tipos de dados. Transformar números em informações úteis tem sido o objetivo de trabalhos em áreas de pesquisa (TANGERINO, 2009).

Com a grande quantidade de equipamentos eletrônicos embarcados (sensores, controladores e atuadores) nas máquinas agrícolas a tendência é a utilização uma rede de comunicação embarcada visando uma melhor integração dos equipamentos. Neste sentido, foi desenvolvida o padrão ISO11783 que trata da implementação de rede para sistemas eletrônicos embarcados em máquinas e implementos agrícolas. Esse padrão, também denominado comercialmente de ISOBUS, adquiriu importância internacionalmente.

No Brasil, as empresas de implementos agrícolas não tem tradição de desenvolvimento de eletrônica e, associado a isso, existem poucas empresas de eletrônica embarcada dedicadas a atender o setor agrícola. Assim, o mercado nacional do setor agrícola tem sofrido forte pressão de produtos importados que vem tomando espaço das

empresas nacionais. Nesse sentido, há espaço para contribuições em pesquisa e, sobretudo, em desenvolvimento de inovações para auxiliar as empresas nacionais de máquinas e implementos e de sistemas embarcados.

A Embrapa Instrumentação de São Carlos e o Núcleo de Ensino e Pesquisa em Automação e Simulação da EESC – USP (NEPAS – EESC – USP) desenvolvem projetos de pesquisa aplicada e de desenvolvimento de inovação em parceria com empresas nacionais para viabilizar soluções tecnológicas relacionados com o ISOBUS. Algumas atividades desses projetos demandam a adaptação de sensores comuns em aplicações de automação em máquinas e implementos agrícolas para integrá-los a barramentos de comunicação de dados baseados no ISOBUS.

1.1. Objetivo do trabalho

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento de interface para adaptar a leitura de sensores de condutividade elétrica do solo e de sensores de refletância para plantas a norma ISO11783 através de ferramentas computacionais e programação de microcontrolador.

1.2. Estrutura da monografia

Inicialmente foi feito uma revisão bibliográfica abordando os principais tópicos e apresentando conceitos relacionados com o projeto desenvolvido.

No Capítulo 3, materiais e métodos, é apresentado o desenvolvimento do trabalho assim como os equipamentos utilizados. No Capítulo 4 encontram-se os resultados obtidos.

No Capítulo 5 encontram-se a conclusão e considerações finais do presente trabalho.

2. Revisão Bibliográfica

A atual situação da agricultura brasileira mostra uma crescente busca pela mecanização em seus processos. Este movimento tem como motivação fatores como a crescente demanda por alimentos, busca por maior produtividade, escassez de mão de obra rural, redução de impacto ambiental, entre outros (INAMASU et al., 2011).

Outra impulsionadora da automação agrícola é a Agricultura de Precisão, que para poder monitorar a produtividade e a qualidade do solo em grandes áreas, necessita do uso de máquinas e implementos agrícolas, muitas vezes com alta tecnologia (INAMASU et al., 2011).

2.1. Agricultura de Precisão

De maneira geral, este trabalho aborda tecnologias de apoio à Agricultura de Precisão (AP). Logo é necessária uma breve revisão sobre o assunto.

A AP utiliza normalmente um conjunto de ferramentas de diferentes áreas da ciência como a agronomia, a engenharia agrícola, geoestatística e outras, formando um sistema de gerenciamento agrícola. Tal sistema de gerenciamento tem como objetivo apoiar as decisões tomadas na agricultura de maneira que as incertezas sejam reduzidas e assim obter uma produtividade homogênea em toda a área plantada. A demanda por pesquisas multidisciplinares que a AP exige, faz uso de várias ferramentas como o Sistema de Informações Geográficas (SIG), Sistema de Posicionamento Global (GPS), sensoriamento remoto e monitoramento de produtividade agrícola. Outro exemplo de interdisciplinaridade da AP é o uso de sensores na agricultura que demandam o envolvimento de diversas áreas da ciência com as engenharias e a biologia para o seu desenvolvimento (PEREIRA, 2008).

AP também pode ser vista como uma maneira de desenvolvimento sustentável no campo, uma vez que suas técnicas possibilitam o aumento da produtividade, redução de custos, economia de recursos naturais e minimização do impacto ambiental (INAMASU et al., 2011).

Em livro publicado por pesquisadores da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) (INAMASU et al., 2011) pode-se notar que a "AP está relacionada à sofisticação das máquinas agrícolas por meio da eletrônica embarcada e sistemas computacionais complexos" que viabilizam informações que norteiam uma postura gerencial que considera a variabilidade espacial para maximizar o retorno econômico e reduzir o impacto ambiental. De maneira geral a Agricultura de Precisão pode ser dividida em três fases principais. São eles:

- Aquisição de dados;
- Interpretação e análise dos dados;
- Ação



Figura 1 - Ciclo da Agricultura de Precisão (Adaptado de INAMASU et al, 2011)

Na fase de aquisição de dados pode-se destacar três segmentos diferentes: sensoriamento remoto, processamento de imagens e espectroscopia ótica. Em geral tais tecnologias se encontram em um estágio avançado de desenvolvimento e é amplamente aplicada em diversas áreas. Na agricultura o fator complicante está nas grandes áreas que se deseja analisar, logo a necessidade de utilizar veículos especializados para obter os dados. Imagens por satélite, veículos aéreos, VANTs (Veículo Aéreo Não Tripulado), aeromodelos, veículos terrestres, entre outros, são exemplos de equipamentos que têm sido desenvolvidos para aquisição de dados em grandes áreas.

O uso do GPS para localizar e guiar veículos agrícolas tem possibilitado a criação de mapas com os dados fornecidos pela instrumentação como o da Figura 2. Porém, existe um conceito conhecido como "On-the-go" em que alguns tipos de sensores são utilizados para

orientar uma ação em tempo real sem o uso de GPS com ilustra a Figura 3. Nota-se que tais sensores podem ser utilizados tanto em aplicações de tempo real quanto nas baseadas em mapas (ADAMCHUK, 2004). Segundo a literatura, a maioria dos sensores utilizados no método "on-the-go" estão nas seguintes categorias:

- **Elétrico e Eletromagnético** - Mede grandezas elétricas como a resistividade/condutância, capacitância ou indutância que podem variar no solo conforme suas características;
- **Óticos e Radiométricos** - Usa ondas eletromagnéticas para detectar o nível de energia absorvida/refletida pelo solo;
- **Mecânicos** - Mede forças a partir da interação de equipamentos com o solo;
- **Pneumáticos** - Mede a permeabilidade do solo;
- **Eletroquímicos** - Determina a concentração de certos elementos no solo bem como características como o PH do solo.

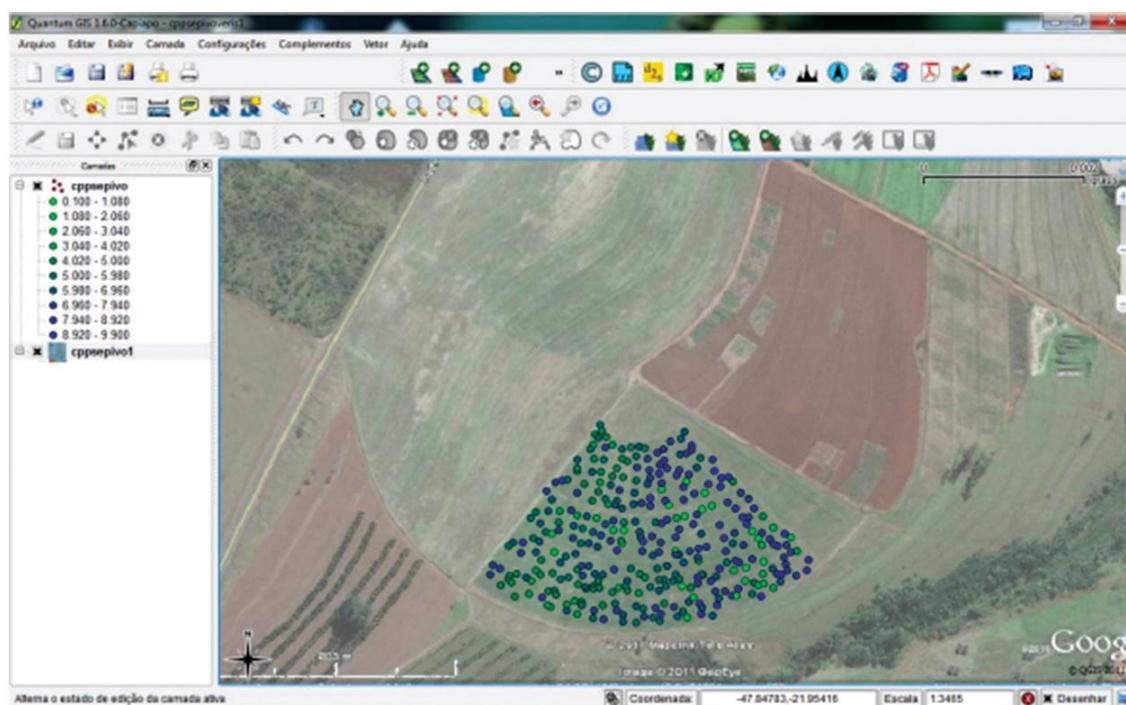


Figura 2 - Variação de condutividade elétrica do solo mapeada (RABELLO et al.2011)

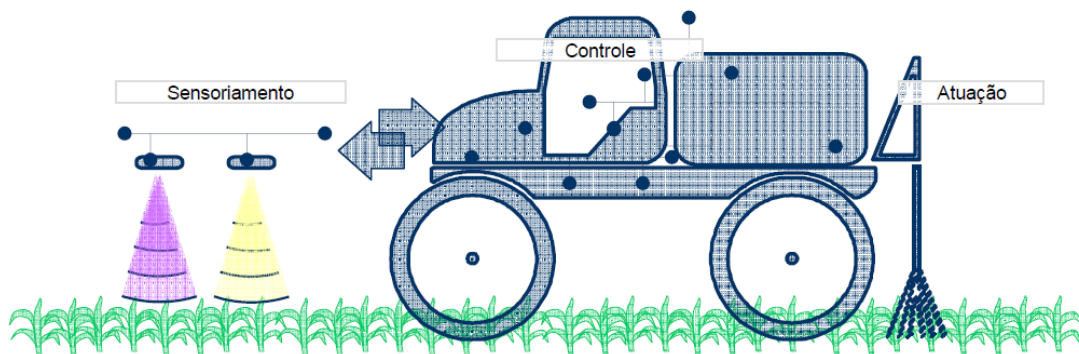


Figura 3 - Sistema "On-the-go" (TANGERINO, 2009)

Aplicações ditas "on-the-go" como ilustrado na Figura 3 utilizam um número significativo de sensores, controladores eletrônicos e atuadores que justificam a utilização de sistema de comunicação de dados que otimizem ou simplifiquem sua implementação, operação e manutenção. Nesse sentido, o ISOBUS traz contribuições relevantes que tornam sua utilização comuns em produtos comerciais. Observa-se que os tipos de sensores citados para o uso na aplicação "on-the-go" também são utilizados na geração de mapas (ADAMCHUK, 2004).

Interpretar e analisar dados obtidos através de conhecimentos da engenharia agrícola é a fase em que as ações são determinadas. Nota-se que neste momento, além dos dados obtidos através do sensoriamento, o uso de informações como a previsão do tempo, mercado consumidor, recursos disponíveis, mão de obra, expectativas e outros, devem ser levados em consideração. Tanto na geração de mapas quanto no sistema "on-the-go" descritas anteriormente, observa-se que sem um sistema que transforme números em dados válidos em tempo hábil é essencial. Nota-se a necessidade de desenvolvimento e aprimoramento de técnicas de TI e informática na agricultura (TANGERINO, 2009).

A terceira fase do ciclo da AP, ação, é geralmente realizada com máquinas e implementos agrícolas capazes de agir conforme a variação dos dados analisados. "É provável que o impacto mais significativo da AP ocorra na forma como as decisões de gestão da variabilidade espacial e temporal no sistema produtivo vegetal serão tomadas" (INAMASU et al., 2011) e tecnologias como o VRT são amplamente desejadas para tal finalidade. Aplicar insumos de maneira variada conforme a necessidade visa reduzir o desperdício e minimizar o impacto ambiental. O retorno econômico que a AP proporciona

tem atraído cada vez mais adeptos. Tal retorno se deve ao aumento da quantidade e qualidade dos produtos gerados. Destaca-se também a otimização de recursos e insumos proporcionando uma maior economia.

Nota-se que as tecnologias citadas são muito importantes para a AP, porém não são estritamente necessárias. Há bons exemplos de aplicações de conceitos da AP sem o uso do GPS por exemplo. Destaca-se que a capacidade de observação dos dados que se tem e o bom gerenciamento dos recursos são os fatores que de fato farão o uso da AP um sucesso.

2.2. Instrumentação para AP

Existe uma gama de sensores desenvolvidos para a aquisição de dados relacionados à agricultura, como por exemplo, o sensor de condutividade elétrica, sensor de refletância da planta, sensores de produtividade, sensor de temperatura e umidade relativa, entre outros. Tais sensores podem ser utilizados para auxiliar a AP por possibilitar uma melhor análise das características da área cultivada (INAMASU et al., 2011).

A seguir são descritos os sensores que foram utilizados no presente trabalho. São eles o sensor de condutividade do solo e o sensor de refletância da planta.

2.2.1. Condutividade elétrica do solo

A condutividade elétrica do solo é um parâmetro importante, pois esta grandeza varia com as características físicas e químicas do terreno, como a salinidade do solo, porcentagem de saturação, densidade volumétrica, umidade, quantidade de argila, capacidade de troca de cátions e matéria orgânica (RABELLO, 2009). Existem duas maneiras de obter a condutividade elétrica do solo:

- **Indução magnética** - Corrente elétrica induzida por um campo magnético sem contato com o solo;
- **Contato direto com o solo** - Uso de eletrodos em contato com o solo para aplicar uma corrente elétrica.

Equipamentos utilizados para medir a condutividade elétrica do solo por indução magnética apresentam uma bobina de transmissão que "induz uma corrente de forma espiralada de sentido contrário no solo, a magnitude dessas espiras de corrente é proporcional à condutividade elétrica nas proximidades de cada espira". Utilizando bobinas receptoras o equipamento detecta um segundo campo magnético gerado pelas espiras de corrente. O campo detectado é amplificado e convertido para uma tensão que tem uma relação de proporcionalidade com a condutividade elétrica do solo no local medido (RABELLO, 2009).

A outra maneira de se obter a condutividade elétrica do solo é através da medição da resistividade através de hastes em contato direto com o solo. As grandezas condutividade e resistividade apresentam uma relação de proporcionalidade inversa como mostra a equação abaixo:

$$\sigma = \frac{1}{\rho} \quad (1)$$

- ρ = resistividade elétrica;
- σ = condutividade elétrica.

Através de duas hastes aplica-se um determinado valor de corrente elétrica (I) no solo. Outras duas hastes são posicionadas entre as hastes aplicadoras de corrente para medir o diferencial de tensão (V) induzido pela corrente aplicada. A configuração das hastes pode ser vista na Figura 4. Através da lei de Ohm Equação 2 calcula-se a resistência (R) do solo. Pela relação apresentada na Equação 3 nota-se que conhecendo as dimensões (comprimento (L) e área da seção transversal (A)) do meio medido pode-se obter a resistividade.

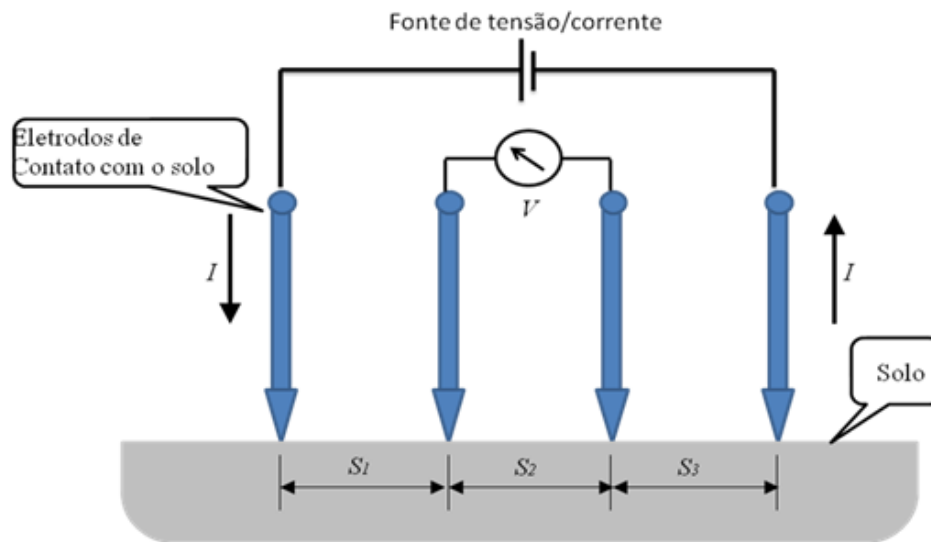


Figura 4 - Condutividade elétrica por contato direto (RABELLO, 2009)

$$V = R \cdot I \quad (2)$$

$$R = \rho \cdot \frac{L}{A} \quad (3)$$

Na prática as dimensões do meio que se deseja medir não são conhecidas. Logo, desenvolveu-se uma técnica conhecida por "sistemas de quatro pontos" que consiste em quatro hastes metálicas alinhadas com espaçamento conhecido. O resultado desta configuração de hastes Figura 4 é apresentada pela Equação 4 para medir a resistividade (RABELLO, 2009).

$$\rho = \frac{2 \cdot \pi \cdot \frac{V}{I}}{\frac{1}{S_1} + \frac{1}{S_2} - \frac{1}{S_1 + S_2} - \frac{1}{S_2 + S_3}} \quad (4)$$

2.2.2. Refletância da planta

A refletância foliar tem sido utilizada para obter índices vegetativos importantes, como o estado nutricional da planta. Tais índices são obtidos através de análise espectrométrica das ondas eletromagnéticas (infravermelho e luz visível) refletidas pelas plantas ou solo. A variação do espectro refletido depende da variação de aspectos como a composição química, geométrica e morfologia da folha, tipo de solo, influência climática, etc (TANGERINO, 2009).

Um dos principais índices que podem ser medidos através desta tecnologia é o Índice Vegetativo Diferencial Normalizado (NDVI - *Normalized Difference Vegetation Index*). Tal índice é calculado a partir da refletância de luz infravermelho (R_{NIR} - *Infrared Band Reflectance*) e de luz vermelha visível (R_{VIS} - *Visible Band Reflectance*) através da Equação 5 (ROUSE et al, 1974; TANGERINO, 2009).

$$NDVI = \frac{R_{NIR} - R_{VIS}}{R_{NIR} + R_{VIS}} \quad (5)$$

2.3. ISO11783

A partir da descrição da AP no item 2.1 percebe-se a necessidade de equipamentos para monitorar e controlar sistemas embarcados em máquinas agrícolas. Porém na corrida pela automação agrícola fabricantes de máquinas e implementos agrícolas desenvolveram soluções proprietárias em eletrônica embarcada, o que inclui protocolos de comunicação entre os módulos de controle do sistema e até o tipo de arquivo que trafegam nestes (PEREIRA, 2008).

Com o aumento da complexidade da eletrônica presente nas máquinas e com a utilização de uma Unidade de Controle Eletrônico (*Electronic Control Unit* - ECU) para cada tipo tarefa que tais máquinas realizam (PEREIRA, 2008) tornou-se evidente os problemas que a falta de padronização apresenta como podemos notar na Figura 5.



Figura 5 - Utilização de uma comunicação não padronizada (NISSEN, 2009)

Implementos agrícolas mais modernos desenvolvidos para o uso em Agricultura de Precisão geralmente possuem sistemas eletrônicos complexos e exigem adaptações e inclusão de mais eletrônica no trator utilizado. No caso de sistemas sem um padrão (fora da norma), além da eletrônica já presente no trator é necessário incluir equipamentos para controle do implemento como o *Virtual Terminal* (VT - Terminal Virtual - interface homem-máquina para equipamentos agrícolas). Geralmente, utiliza-se mais de um tipo de implemento e de diversos fabricantes em um mesmo trator, o que implica em mais adaptações eletrônicas, mais cabos e um VT para cada tipo de implemento utilizado (PEREIRA, 2008).

Nota-se que utilizar equipamentos que possuem uma comunicação de controle serial normatizada simplificaria o trabalho dos operadores destas máquinas, além de facilitar a manutenção através da redução do número de cabos. A padronização passou então a ser estudada por grandes fabricantes de tratores e foram propostos uma rede de comunicação e um protocolo baseado no protocolo CAN (*Controller Area Network*) que satisfaça requisitos como a robustez, confiabilidade e principalmente simplificação (PEREIRA, 2008).

Na década de oitenta, desenvolveu-se o CAN para promover a interconexão entre dispositivos de controle em automóveis. Porém, suas características apresentaram qualidades que se encaixavam em outras aplicações. Desenvolveu-se então padrões baseados no CAN para outros tipos de veículos, como caminhões, ônibus, barcos, satélites, máquinas agrícolas, máquinas de construção civil e máquinas militares (SOUSA et al., 2007). Entre as principais vantagens do CAN apresentadas por Sousa et al (2007) destacam-se:

- **Largura de Banda da taxa de comunicação** - varia entre poucos *Kb/s* até 1 *Mb/s*;
- **Implementação física simples** - utiliza apenas dois fios;
- **Organização e otimização** - o protocolo evita colisão das informações transmitidas pelos dispositivos da rede e permite que uma mesma mensagem seja entregue diversos dispositivos;
- **Possibilita várias arquiteturas de rede** - ponto-a-ponto, multidifusão ou por difusão;
- **Mecanismo de identificação de erro** - o que torna o CAN mais robusto que outros tipos de redes;
- **Flexibilidade** - favorece operações de manutenção e alterações no sistema.

Os padrões ISO11898 e ISO11519 criados pela *International Organization for Standardization* (ISO, 2008) foram os primeiros baseados em redes com o protocolo CAN. Tais padrões de comunicação apresentam camadas físicas e camada de enlace de dados em acordo com o modelo OSI (*Open System Interconnection*) como mostra a Figura 6.

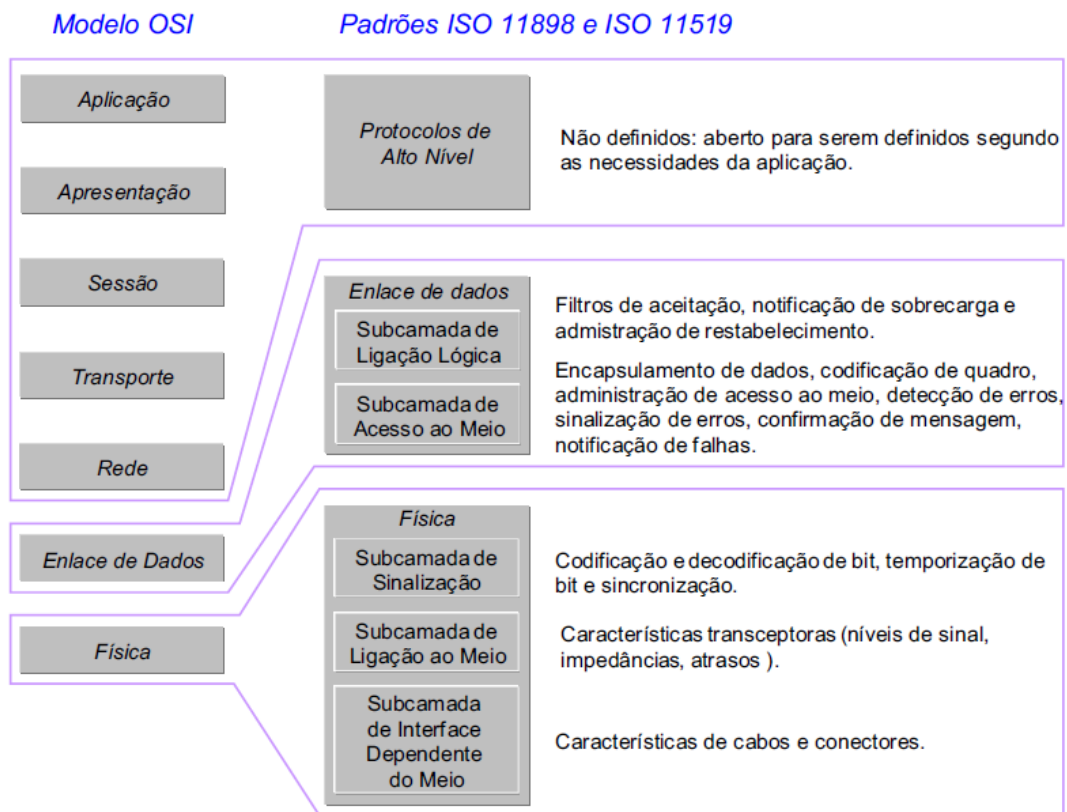


Figura 6 - Relação entre modelo OSI e padrões ISO11898 e ISO11519 (SOUSA et al., 2007)

O modelo OSI foi desenvolvido pela ISO para padronizar e assim facilitar a comunicação entre computadores de diferentes fabricantes. Como se pode observar na Figura 6, protocolos de comunicação podem ser divididos em até sete camadas distintas:

- Camada 1 - Física (transmissão de bits brutos);
- Camada 2 - Enlace de dados (transmissão de quadro de bits livres de erros);
- Camada 3 - Rede (operação de sub-redes);
- Camada 4 - Transporte (comunicação computador-computador);
- Camada 5 - Sessão (estabelecimento de sessão);
- Camada 6 - Apresentação (sintaxe e semântica das informações) e
- Camada 7 - Aplicação (interface direta com o usuário).

Sousa et al. (2007) destaca que as camadas acima da camada enlace de dados não são definidas pelas normas ISO 11898 e ISO 11519, possibilita-se, portanto, o desenvolvimento de outros padrões utilizando as camadas de Alto Nível de acordo com as necessidades dos usuários destas normas.

Para aplicações na automação agrícola, criou-se a norma ISO11783 - "*Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network*", mais popularmente conhecida por ISOBUS, utiliza o protocolo CAN de comunicação definido nas normas ISO11898 e ISO11519. A norma ISOBUS foi criada em conjunto por dois grupos o americano NAIITF (*North American ISOBUS implementatios Task Force*) (NAIITF, 2012) e o europeu IGI (*Implementation Group ISOBUS*) (IGI, 2012) sob o suporte da *International Organization for Standardization* (ISO, 2012) E tem como principal objetivo "prover um padrão para a interconexão de dispositivos eletrônicos embarcados em máquinas e implementos agrícolas através de uma rede de controle e comunicação serial de dados" (PEREIRA, 2008).

Tanto a NAIITF quanto a IGI foram criadas a partir da iniciativa de fabricantes, instituições de pesquisas e associações de normas, e em 2008, membros dessas organizações fundiram as atividades em uma associação internacional, a AEF (*Agricultural Industry Electronics Foundation*) (AEF, 2012). O principal foco desta organização é divulgar e incentivar do uso de eletrônica na agricultura. A AEF trabalha também na divulgação da norma ISOBUS apoiando e fornecendo recursos para fabricantes de equipamentos agrícolas e agricultores (AEF, 2012). Financiada por empresas interessadas no desenvolvimento de um padrão de comunicação para a eletrônica embarcada na agricultura, a AEF patrocina e apoia a implementação de normas para a eletrônica embarcada para máquinas agrícolas após a homologação da ISO.

No Brasil a FTI (Força Tarefa ISOBUS) (FTI, 2012) é uma associação que, como a NAIITF e a IGI, também é formada por empresas privadas e instituições de ensino e pesquisa. Tem como finalidade estabelecer base de compatibilidade para as próximas gerações de equipamentos eletrônicos embarcados nas máquinas agrícolas brasileiras. "O grupo busca criar competência no País por meio de domínio das tecnologias envolvidas e divulgar o benefício do padrão" (FTI, 2012).

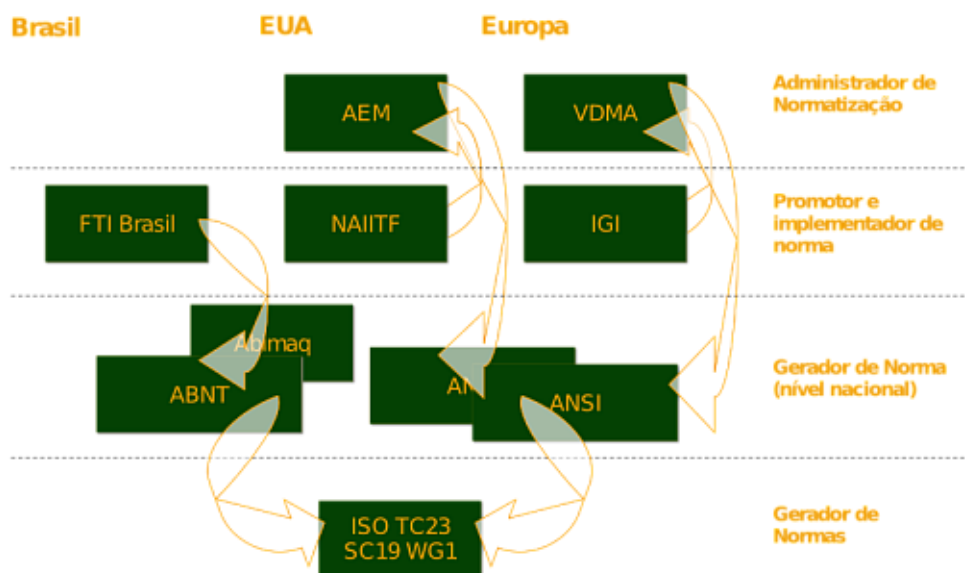


Figura 7 - Estrutura dos responsáveis pela norma ISO11783(FTI, 2012)

A responsável por escrever a versão nacional da norma ISO 11783 é a ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) (ABNT, 2012), canal oficial de comunicação com a ISO no Brasil. Para traduzir a norma ISOBUS há uma comissão de estudo ("CE 04:015.05 - Comunicação e Eletrônica Embarcada") relacionada à ABNT. Esta comissão é aberta a participantes voluntários, entre eles a Força Tarefa ISOBUS. Na Figura 7 pode-se observar as associações relacionadas com o desenvolvimento e divulgação da norma.

2.3.1. A norma ISO 11783

A norma ISO 11783 é baseada no protocolo CAN de comunicação, porém algumas especificações foram baseadas nas normas DIN 9684 e SAE J1939. Sua maior finalidade é padronizar a comunicação serial na eletrônica embarcada de equipamentos agrícolas. A padronização proposta pela norma possibilitaria o uso de diversos implementos agrícolas em um mesmo trator sem que haja necessidade de adaptações na eletrônica utilizada no trator evitando situações como a da Figura 5. (PEREIRA, 2008)

A documentação apresenta especificações que abrange todas as camadas do modelo básico de referência OSI. Sendo que nas especificações das camadas de alto nível a norma ISO11783 apresenta o grande diferencial em relação às outras normas baseadas no protocolo CAN (SOUSA, 2001).

A norma especifica como deve ser uma rede ISO11783 assim como os elementos que devem apresentar. A Figura 8 ilustra uma rede ISO11783 básica.

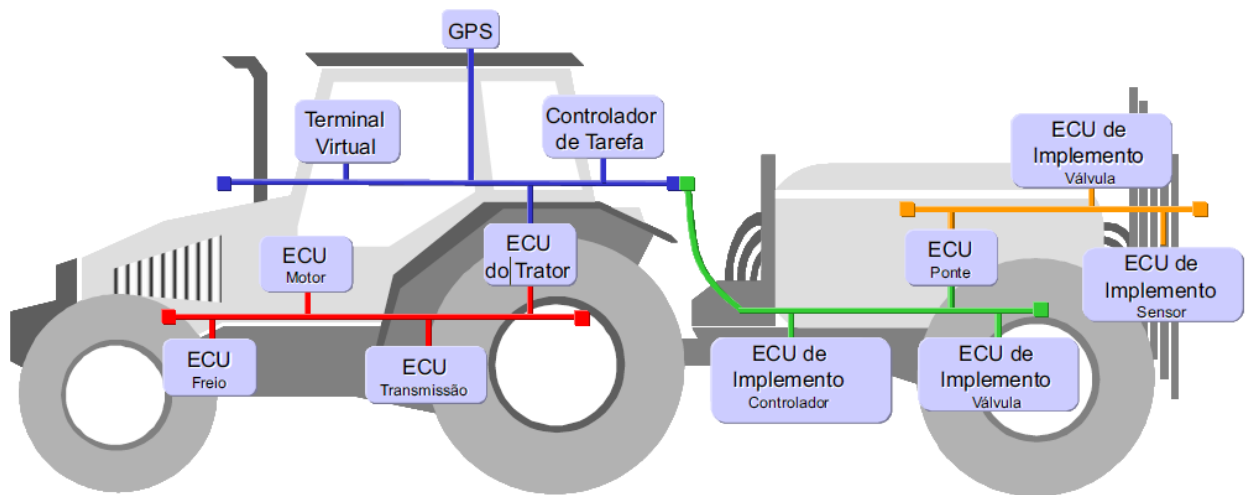


Figura 8 – Rede ISO11783 (SOUSA, 2001)

Na Figura 8 é possível observar os três tipos de barramento CAN (sub-redes) que a norma ISO11783 prevê. Os barramentos são:

- **Sub-rede do veículo (vermelho)** - também é conhecida com Barramento do Trator ou *Tractor Bus*. É formada por ECUs (*Electronic Control Unit* – Unidade de Controle Eletrônico) relacionadas com o funcionamento do trator (SOUSA et al., 2007) neste barramento utiliza-se muito o protocolo J1939 que foi criado para este tipo de aplicação;
- **Sub-rede principal de implementos (azul e verde)** - é o barramento onde o as ECUs responsáveis pelo implemento são conectadas ao trator, além estar interligada com a sub-rede do veículo através da ECU do trator. Também conhecida como Barramento do Implemento ou *Implement Bus*, a sub-rede deve possuir ECUs e interfaces importantes com o meio externo como o Controlador de Tarefas, VT e GPS (SOUSA et al., 2007);
- **Sub-rede complementar (laranja)** - este tipo de sub-rede não precisa necessariamente estar dentro da norma ISOBUS. Mas para estar interligado ao restante do sistema deve haver uma ECU capaz de adaptar a Sub-rede complementar ao Barramento de Implementos (SOUSA et al., 2007).

Na Figura 8 é possível observar alguns elementos especificados pela norma e que foram utilizados no desenvolvimento do trabalho. Estes elementos são:

- Sub-rede principal de implementos;
- Sub-rede complementar;
- ECU;
- NIU (*Network Interconnection Unit* - Unidades de Interconexão de Rede);
- VT.

A norma ISO11783 é extensa e está dividida em quatorze partes. No Apêndice A deste trabalho encontra-se uma descrição mais detalhada da norma. Nos itens 2.3.1.1, 2.3.1.2 e 2.3.1.3 que segue são descritos os principais tópicos da norma para o presente trabalho.

2.3.1.1. ECU

Segundo a norma, cada módulo do sistema possui uma unidade de controle eletrônico (ECU - *Electronic Control Unit*) responsável por conectá-lo ao barramento CAN. Cada unidade de controle constitui um nó no barramento e a quantidade de nós na rede CAN é limitada pela ISO 11783. Os tipos de ECUs definidas pela norma são:

- **ECU padrão** - ECU comuns. Ex.: Controlador de tarefas, ECU do GPS, Terminal Virtual, etc;
- **ECU de diagnóstico ou de desenvolvimento** - São conectadas ao barramento para monitorar e analisar a rede;
- **ECU de interconexões de redes** - ECUs específicas para conectar duas redes.

Nota-se que todo o equipamento conectado ao barramento ISOBUS será visto como uma ECU pelo restante do barramento. A norma ISO11783 também define como deve ser feito o endereçamento das ECUs, como deve ser feita a troca de mensagens entre ECUs.

2.3.1.2. NIU

Para interligar as sub-redes existentes em um sistema com o da Figura 8 a norma define um tipo especial de ECU conhecida por Unidades de Interconexão de Rede (NIU - *Network Interconnection Unit*) (ISO11784-4, 2001). A norma ISO11783 define também as estruturas das mensagens de rede e parâmetros utilizados para administração das bases de dados das NIUs. Os tempos limites das funções realizadas pelas NIUs também são definidas (PEREIRA, 2008).

Na Figura 32 é possível observar duas NIUs responsáveis por interconectar os barramentos existentes. Uma é a 'ECU do trator' que interliga o barramento do trator com o barramento principal do implemento. Outra é a 'ECU Ponte' que interliga o barramento complementar com o barramento principal do implemento. Os barramentos ou sub-redes, com exceção da sub-rede principal do implemento, pode obedecer à um outro protocolo que não seja o ISO11783, como o por exemplo o protocolo J1939 usado por ECUs de motores, transmissão, freio, ou o protocolo RS232 usado em equipamentos como o GPS, sensores, estação meteorológica, etc. Nestes casos, a NIU deve estar preparada para comunicar em ambos os protocolos (ISO11783-4, 2001; SOUSA et al. 2007). As principais funções das Unidades de Interconexão de Rede são:

- **Encaminhamento de mensagens:** recebe uma mensagem de uma das sub-redes a qual está conectado e transfere para outra sem alterá-la, respeitando as especificações da norma (SOUSA et al. 2007);
- **Filtragem de mensagens:** seleciona as mensagens que devem ser repassadas e barra as que não interessam para o outro barramento (SOUSA et al. 2007);
- **Translação de endereços:** alteração do endereço de uma determinada mensagem antes de repassá-la à outra sub-rede (SOUSA et al. 2007);
- **Remontagem de mensagem:** recolher as informações carregadas por diferentes mensagens e transmitir para a outra sub-rede apenas as que interessarem em um único endereço (SOUSA et al. 2007);
- **Administração de base de dados:** Conjunto de regras para gerenciamento da base de dados de uma NIU em uma rede (SOUSA et al. 2007).

A norma especifica até cinco tipos diferentes de NIUs de acordo com as funções que exercem. São elas:

- **Repeaters (Repetidores)** - encaminhamento de mensagens (SOUSA et al. 2007);
- **Briges (Pontes)** - encaminhamento e filtragem de mensagens (SOUSA et al. 2007);
- **Routers (Roteadores)** - encaminhamento, filtragem e translação de endereço de mensagens (SOUSA et al. 2007);
- **Gateways (Portais)** - encaminhamento, filtragem, translação de endereço e remontagem de mensagens (SOUSA et al. 2007);
- **Tractor ECU (ECU do trator)** - mesma função de um *Gateway* porém é especificada especialmente para interligar a sub-rede do trator com a sub-rede principal do implemento (SOUSA et al. 2007).

Para a escolha de uma NIU é necessário conhecer as características das sub-redes que se deseja conectar. Tais NIUs interligam diversas sub-redes e compõem assim uma rede conforme a norma ISO11783.

2.3.1.3. VT

O Terminal Virtual (VT - *Virtual Terminal*) é a Interface Homem Máquina (IHM) do sistema de automação agrícola. Normalmente é localizado na cabine do veículo e através dele deve ocorrer toda a interação com os implementos conectados ao trator através do protocolo ISO11783. Esta interação ocorre através de um *display* gráfico (monitor) e *soft-keys* (botões). Alguns modelos de VT apresentam até *displays touch-screen* (monitores sensíveis ao toque) (ISO11783-6, 2004).

Os VTs permitem ao usuário visualizar diversas variáveis do sistema e trocar informações diretamente com ECUs. Também recebe informações sobre o estado das máquinas e das operações que elas realizam, é notificado sobre problemas, armazena dados, entre outras tarefas (SOUSA et al., 2007).

A norma define um protocolo de troca de dados que permite ao usuário interagir com o implemento enviando comandos ou recebendo informações de todo o barramento (PEREIRA, 2008). Na inicialização do VT, que é considerado um tipo específico de ECU, o sistema oferece as informações necessárias para o controle de suas funções através do envio de um arquivo denominado *object pool* (ISO11783-6, 2004).

Através de um protocolo de troca de informações, o *object pool* é dividido e enviado ao VT em partes portando dados gráficos a serem carregados pelo *display*. As informações que o *object pool* transporta, que são expostas pelo *display*, estão definidas por *data mask* (página de dados), *alarm mask* (página de alarme) e *soft-key mask* (botões para troca de página) (PEREIRA, 2008; ISO11783-6, 2004).

3. Materiais e Métodos

3.1. Materiais

Todos os materiais e infraestrutura utilizados no desenvolvimento deste trabalho foram fornecidos pelo NEPAS (Núcleo de Estudo e Pesquisa em Automação e Simulação do Departamento de Engenharia Mecânica da EESC-USP) e pela Embrapa Instrumentação de São Carlos.

3.1.1. Sensores

Os sensores utilizados no desenvolvimento deste trabalho foram o sensor de condutividade elétrica do solo e o sensor de refletância das plantas. Ambos os sensores medem grandezas importantes para conhecer características do solo destinado ao cultivo e do desenvolvimento das plantas. Os sensores utilizados foram:

- **Medidor de condutividade elétrica do solo desenvolvido pela Embrapa Instrumentação de São Carlos;**
- ***CROP CIRCLE* – Analisa o espectro de luz refletida pela planta da empresa Holland Scientific (HOLLAND, 2012) .**

a) Sensor de condutividade elétrica do solo

Desenvolvido por pesquisadores da EMBRAPA INSTRUMENTEÇÃO (RABELLO, 2009). Mede a condutividade elétrica do solo por meio de eletrodos e aplicação de corrente elétrica como foi explicado no item 2.2.1 e ilustrado na Figura 4. O controlador eletrônico com circuito de aquisição é mostrado na Figura 9.

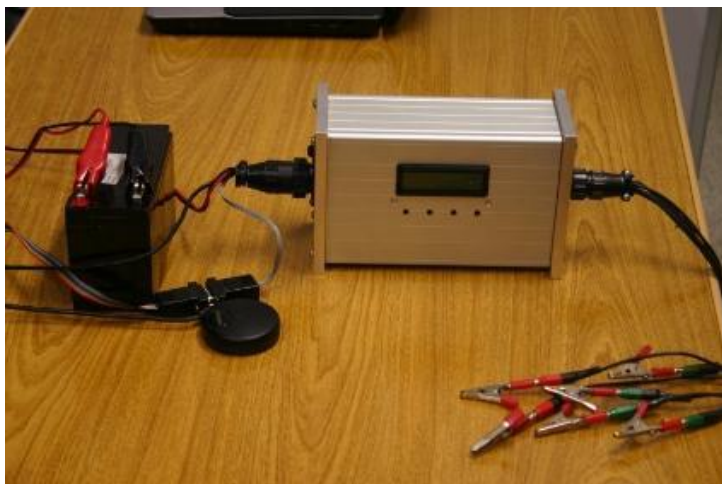


Figura 9 - Medidor de condutividade elétrica do solo (RABELLO, 2009)

A condutividade elétrica do solo é um importante parâmetro para uma avaliação prévia do terreno destinado ao cultivo. Para adquirir dados referentes a uma área de grande porte é necessário uma quantidade considerável de amostragem, com a condutividade elétrica do solo não é diferente. Neste sentido o uso de hastes como eletrodo não apresenta ser eficiente (RABELLO et al., 2011).

Para grandes áreas a solução que se vê em equipamentos com esta finalidade é o uso de discos que penetram na terra como eletrodos. Um dos medidores de condutividade elétrica do solo mais conhecidos são os desenvolvidos pela *VERIS Technologies* (VERIS, 2012), Figura 10.



Figura 10 - Medidor de condutividade elétrica do solo – Modelo VERIS200 (VERIS, 2012)

Como pode ser visto na Figura 10, o equipamento é um implemento específico para aquisição de dados, que deve ser utilizado junto com um veículo para guiá-lo. O equipamento faz uso de discos como eletrodos que penetram no solo com a movimentação do veículo (VERIS, 2012; RABELLO et al., 2011). Observe a Figura 11

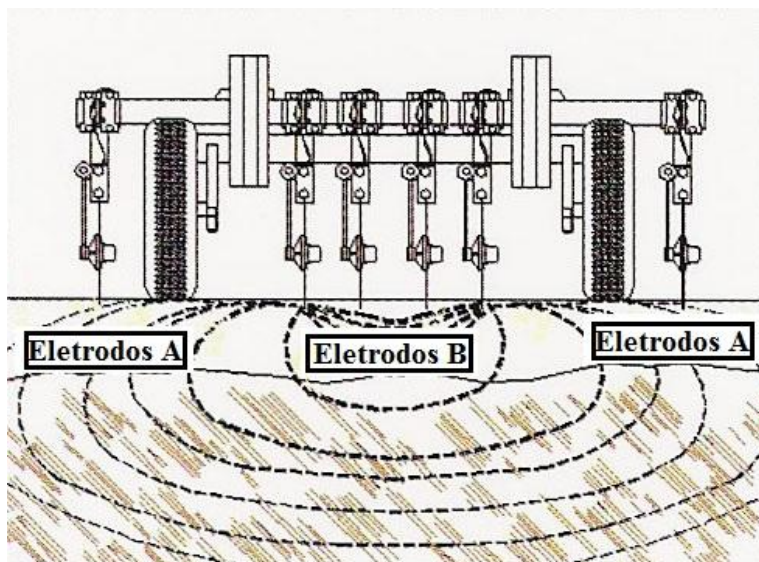


Figura 11 - Eletrodos em formato de discos (VERIS, 2012)

Na Figura 11, os discos indicados por Eletrodos A são responsáveis por aplicar uma corrente no solo enquanto os Eletrodos B são responsáveis por medir a tensão no solo.

Pesquisadores da Embrapa desenvolveram um protótipo de medidor de condutividade elétrica do solo como uma alternativa mais simples em relação aos equipamentos importados. Através de adaptações em implementos já utilizados na agricultura brasileira, como um subsolador, obteve-se um sistema com possibilidades equivalente (RABELLO et al., 2011). Segue na Figura 12 o diagrama de blocos do sistema do sensor utilizado no trabalho.

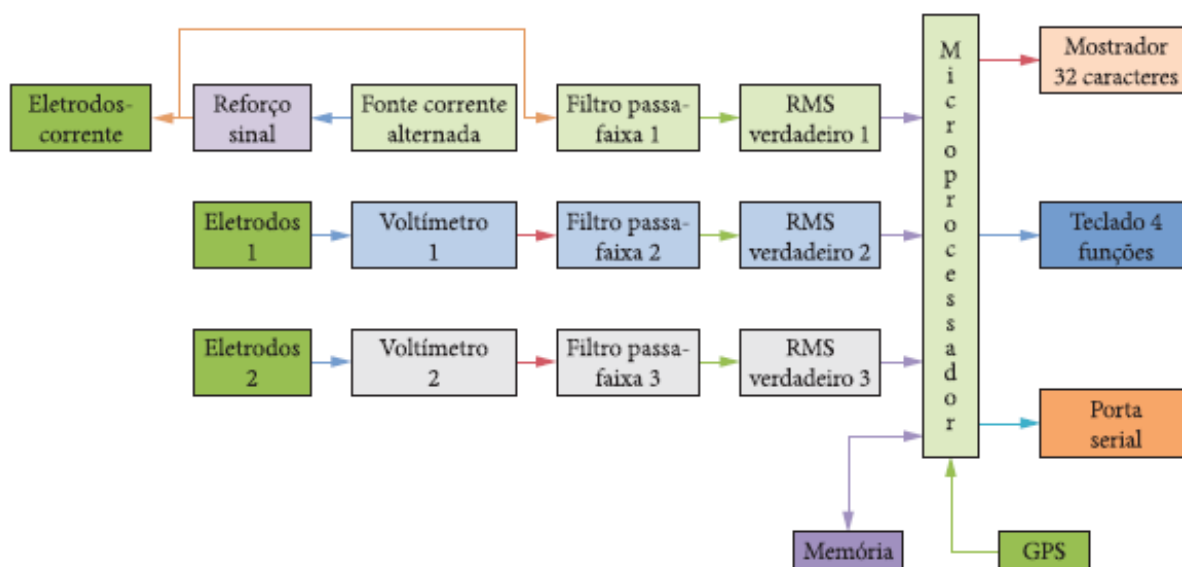


Figura 12 - Diagrama de blocos do sistema protótipo para mapeamento de condutividade elétrica do solo (RABELLO, 2011)

O diagrama de blocos apresentado na Figura 12 mostra as principais partes do sistema protótipo que podem ser divididas em três conjuntos de blocos:

- **Aquisição de dados** - Composto pelos blocos localizados à esquerda do bloco microprocessador é responsáveis pela aplicação de corrente elétrica no solo (Eletrodos-corrente, Reforço sinal e Fonte corrente alternada) e pela aquisição do sinal (Eletrodos, Voltímetro, Filtro passa-faixa e RMS verdadeiro).
- **Processamento** - Composto por um microprocessador responsável por processar as tensões fornecidas pelos blocos de aquisição de dados e obter assim um valor para a desejada condutividade elétrica do solo.
- **Interfaces** - Composto por um *display* de 32 caracteres (Mostrador), conjunto de quatro teclas (Teclado 4 funções), interface RS232 (Porta serial) e memória.

b) Sensor de refletância da planta

Produto comercial, modelo ACS-210, da *Holland Scientific* (HOLLAND, 2012) que realiza a análise espectrométrica de luz refletida pela planta como foi explicado no item 2.2.2 e é ilustrado na Figura 13. Por meio da análise espectrométrica das ondas eletromagnéticas captadas por fotossensores é possível determinar certas propriedades estruturais as plantas.

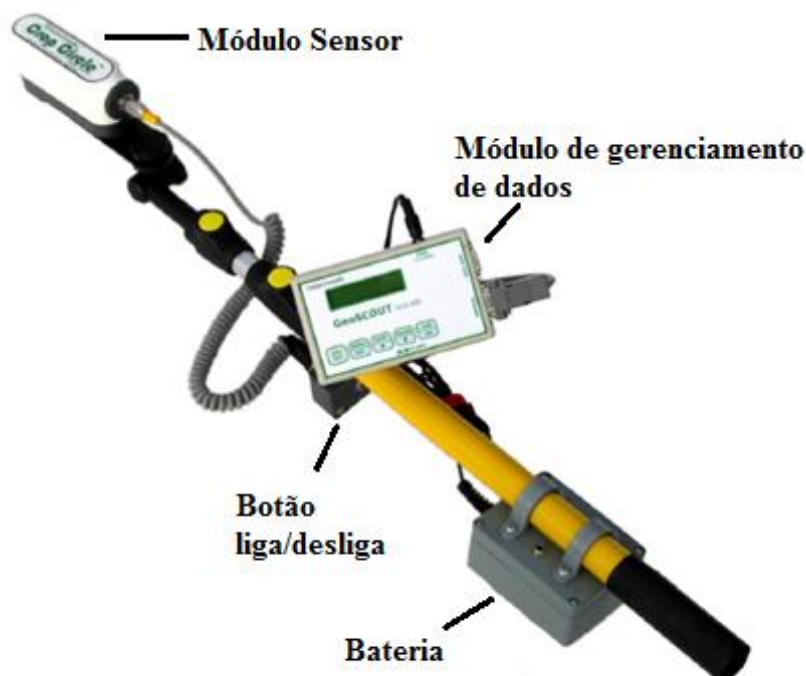


Figura 13 - Partes do sensor Crop Circle (HOLLAND, 2012)

O sistema deste sensor, conforme pode ser visto na Figura 13, é constituído por dois módulos:

- **Módulo sensor** - responsável por emitir luz em uma larga faixa de frequência nas plantas e captar a luz na frequência que interessa refletida;
- **Módulo de gerenciamento de dados** - responsável por processar dos dados fornecidos pelo módulo sensor e possui interfaces para o usuário.

O botão liga/desliga indicado na Figura 13 inicia ou para a aquisição de dados, logo o seu uso é imprescindível para o funcionamento do sistema.

3.1.2. Hardwares

Para a adaptação de tais sensores utilizou-se uma placa de interface CAN como a desenvolvida por SOUSA (2001). Ilustrada na Figura 14, a placa de interface CAN possui componentes de fácil acesso no mercado além de atender normas como a ISO11783.

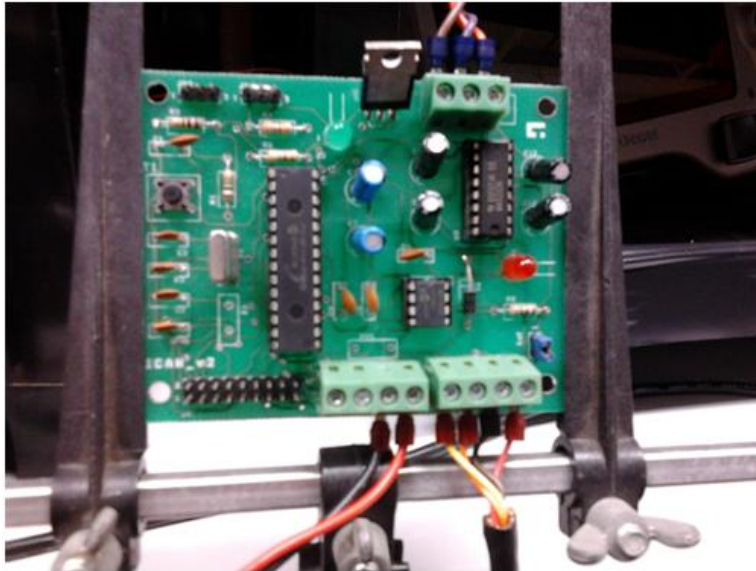


Figura 14 - Placa com interface CAN e RS232

Além de controlador CAN, a placa de interface da Figura 14 possui porta serial RS232 e fornece acesso às portas de entradas e saídas digitais e analógicas que o microcontrolador utilizado, PIC18f258 da *Microchip Technology Inc.* (MICROCHIP, 2012).

Para a programação dos microcontroladores PIC18f258 utilizou-se o programador ICD2 da *Microchip* (MICROCHIP, 2012). O programador de PIC escolhido além de atender as necessidades de programação em relação ao microcontrolador utilizado neste trabalho, encontrava-se disponível no laboratório onde foi desenvolvido o trabalho.

3.1.3. Ferramentas computacionais

a) MPLAB e C18

Através do ambiente de programação MPLAB da *Microchip* (MICROCHIP, 2012) desenvolveu-se aplicações através de programação em linguagem C. Para compilar os softwares desenvolvidos na linguagem C através do programa MPLAB utilizou-se o compilador C18 da *Microchip* (MICROCHIP, 2012).

O uso do MPLAB e do compilador C18 são justificados pelo fato de serem próprios para uso com o tipo de microcontrolador utilizado, além de já estarem disponíveis no laboratório.

Para análise das mensagens que trafegam em barramento de comunicação serial RS232 utilizou-se a ferramenta *Hyperterminal* da *Microsoft* (HYPERTERMINAL, 2012). A escolha dessa ferramenta ocorreu devido à facilidade de obtê-lo, uma vez que este vem junto com o sistema operacional *Windows*. O protocolo de comunicação serial RS232 foram utilizados na placa de interface CAN, no sensor de condutividade elétrica do solo e no sensor *Crop Circle*.

Para análise das mensagens que trafegam no barramento CAN utilizou-se o *software* CANoe da *Vector* (CANOE, 2012). O CANoe, Figura 15, além de possibilitar a leitura do barramento CAN, permite ao usuário enviar mensagens bem como simular todo um barramento mostrando ser uma ferramenta de grande utilidade para desenvolvimento de ECUs. Para sua utilização é necessário que haja interface CAN para o computador onde o *software* encontra-se instalado.

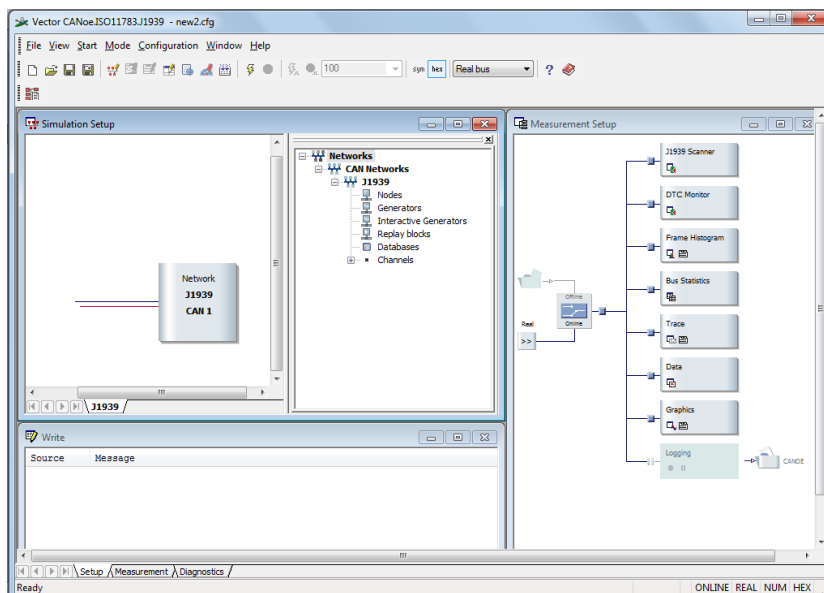


Figura 15 - Software CANoe da VECTOR

O CANoe é uma ferramenta bastante completa para análise do tráfego de mensagens em um barramento CAN. O laboratório onde foi realizado este trabalho possui as licenças deste *software*.

b) ISOAgLib e Eclipse

Para o desenvolvimento de uma ECU compatível com o protocolo ISOBUS utilizou-se a biblioteca ISOAgLib (ISOAGLIB, 2012) e o ambiente de programação ECLIPSE (ECLIPSE, 2012).

O ISOAgLib é uma biblioteca pública disponibilizada pelo projeto "ISOAgLib - Desenvolvimento de Aplicações ISO 11783 em modo orientado a objeto". Foi desenvolvida na linguagem C++ e possui rotinas e funções para implementar um protocolo de comunicação e gerenciar dados conforme a norma determina e, assim, facilitar o desenvolvimento de máquinas ISOBUS compatível.

O ECLIPSE é um ambiente de programação gratuito além de facilitar a integração com ferramentas utilizadas na compilação para os processadores da família ARM, característica que poderia ser de grande ajuda pra projetos futuros. Possui também editor de texto e editor gráfico fáceis de serem utilizados. O *software* também inclui um compilador e ferramentas para analisar o código passo-a-passo.

3.2. Métodos

3.2.1. Adaptação do sensor de condutividade elétrica

O medidor de condutividade elétrica utilizado neste trabalho foi desenvolvido pela Embrapa Instrumentação e foi descrito no item 3.1.1 a) Sensor de condutividade elétrica do solo. A placa de aquisição de dados do sistema de medidas está ilustrado na Figura 16.

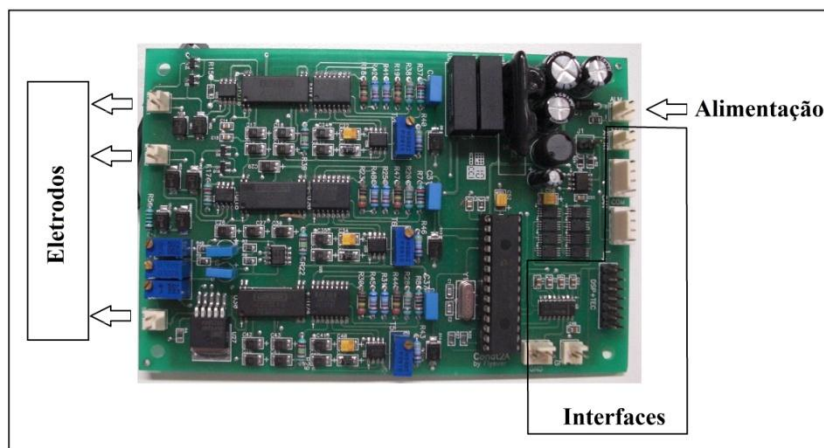


Figura 16 - Protótipo de medidor de condutividade elétrica

Por meio do *display* e das teclas, o usuário do sistema desenvolvido pela Embrapa envia comandos para iniciar ou parar a aquisição de dados e ainda pode calibrar o sistema fornecendo as distâncias entre os eletrodos. Ao acionar a aquisição de dados o sistema, através de conversores AD (conversor analógico-digital), o microprocessador lê, processa e armazena os dados na memória. Para recuperar o conteúdo da memória o usuário deve, através dos botões, pedir para o microcontrolador descarregar os dados pela porta serial. Todo o conteúdo da memória é então transmitido via RS232 e salvo em um documento de texto. A Figura 17 mostra exemplos de dados recebidos via RS232 utilizando o *software Hyperterminal*.

-22,012136	-47,896361	-1	-1	890.8
-22,012136	-47,896361	-1	-1	891.0
-22,012136	-47,896361	-1	-1	891.1
-22,012136	-47,896361	-1	-1	891.3
-22,012136	-47,896361	-1	-1	891.4
-22,012137	-47,896361	-1	-1	891.6
-22,012140	-47,896361	-1	-1	891.7
-22,012142	-47,896361	-1	-1	891.9
-22,012144	-47,896358	-1	-1	892.0
-22,012145	-47,896358	-1	-1	892.2
-22,012145	-47,896358	-1	-1	892.3
-22,012147	-47,896358	-1	-1	892.4
-22,012147	-47,896358	-1	-1	892.5
-22,012150	-47,896358	-1	-1	892.6
A		B		

Figura 17 - Dados armazenados na memória enviados via serial RS232

A Figura 17 mostra dados obtidos no modo automático do sistema onde as colunas 'A' indicam a latitude e longitude segundo o GPS instalado. Nas colunas 'B' são exibidos os valores da condutividade elétrica do solo. O valor '-1' indica erro na medida. No modo manual os dados de longitude e latitude não são utilizados, armazenando apenas os valores da condutividade.

Para obter um sistema totalmente independente de botões e *display* as seguintes ações foram tomadas:

- Desenvolvimento de um protocolo simples de comunicação através da RS232 para dar ações ao sistema de medida e também receber os dados de condutância elétrica do solo.
- Desenvolvimento de um aplicativo para computadores *desktop* utilizando a biblioteca ISOAgLib para comunicar tanto com o sistema de medida de condutividade quanto com um barramento ISOBUS.

a) Adaptação da RS232

O microcontrolador utilizado no sistema é o PIC18f258, o mesmo utilizado na placa de interface CAN, e através do ambiente de programação MPLAB realizou-se modificações no *software* original.

De maneira geral as modificações realizadas no *software* consistem em:

- Inicialização da porta serial (habilitou-se a recepção de dados pela RS232 uma vez que a transmissão já estava em uso);
- Criação de rotinas e funções para montar as mensagens para a transmissão e recepção de dados via RS232;
- Modificação no arquivo principal para a implementação de protocolo de comunicação com uma ECU.

As modificações na inicialização da porta serial encontram-se na Figura 18.

```
OpenUSART(USART_TX_INT_ON & //habilita a transmissão da serial
USART_RX_INT_ON & //habilita a recepção da serial
USART_ASYNC_MODE &
USART_EIGHT_BIT &
USART_CONT_RX &
USART_BRGH_HIGH,
12);
```

Figura 18 - Rotina de inicialização da porta serial RS232

As modificações ilustradas na Figura 18 foram realizadas conforme a biblioteca RS232 (*usar.h*).

Para continuar com as modificações, analisou-se as rotinas do *software* original desenvolvido pela Embrapa. Nesta etapa pôde-se observar quais eram as funções implementadas que seriam mantidas e as que seriam modificadas ou excluídas tomando o cuidado necessário para manter o tratamento do sinal adquirido dos eletrodos.

As rotinas que mais sofreram alterações foram as relacionadas com a comunicação RS232 e o arquivo principal *main.c* onde toda a lógica do protocolo proposto foi implementada. A Figura 19 mostra parte da rotina principal do programa.

```

while(!DataRdyUSART()); //verifica se tem dados prontos na serial
{
buf=ReadUSART(); //recebe dado CAN 1

switch (buf)
{
case '?':
    testeUSART(); 2
    break;
case 'B':
    baixar(); //Baixa conteúdo da memória
    break;
case 'b':
    baixar();
    break; 3
case 'M':
    medirM(); //Mede e guarda medidas na memória
    break;
case 'm':
    medirM();
    break;
case 'E':
    medirE(); //Mede e joga as medidas direto pela porta serial
    break;
case 'e':
    medirE();
    break; 4
case 'I':
    medirI(); //Mede apenas uma vez e joga na porta serial
    break;
case 'i':
    medirI();
    break; 5
default:
    ddramend(128);
    putrsXLCD(" Caractere ");
    ddramend(192);
    putrsXLCD(" Invalido ");
    Delay10KTCYx(50);
    goto programa; 6
}
}

```

Figura 19 - Trecho da rotina principal após modificações

Onde:

1. Lê a mensagem recebida via serial;
2. Caso a mensagem recebida seja o caractere "?" o software envia uma mensagem de resposta para sinalizar sua conexão no barramento;
3. O software executa funcionalidades existentes antes das modificações. Caso a mensagem recebida seja a letra 'B' ou 'M' o programa baixa ou armazena os dados na memória respectivamente;
4. Se a mensagem recebida for 'E' o software envia pela serial as medidas realizadas instantaneamente sem armazenar na memória;
5. Se a mensagem recebida for 'I' o programa envia pela RS232 apenas uma medida;
6. Se nenhuma das opções anteriores envia-se mensagem de erro no *display*.

Além dos caracteres citados, o protocolo implementado utiliza o caractere '\$ ' para interromper uma das funções descritas acima e assim permitir selecionar outra função via serial.

b) Interface entre RS232 e ISOBUS

Para repassar os dados adquiridos pelo sensor de condutividade elétrica do solo a um barramento ISOBUS, criou-se um aplicativo para computadores *desktop*. Por meio do ambiente de programação Eclipse e com o uso da biblioteca ISOAgLib desenvolveu-se um software capaz de ler a porta serial RS232 do computador, selecionar os dados recebidos e enviá-los para um barramento CAN em uma mensagem dentro da norma ISOBUS.

O computador, através do aplicativo que faz uso da biblioteca ISOAgLib, uma vez conectado ao barramento ISOBUS será visto como uma ECU pelo restante das ECUs conectadas. Como neste trabalho o principal papel do computador é interfacear o barramento ISOBUS com um barramento RS232, pode-se denominá-lo de NIU.

O aplicativo desenvolvido para gerenciar esta NIU envia os dados da condutividade elétrica do solo recebidos pelo barramento RS232 para o barramento ISOBUS em dentro de *object pools* como a da Figura 20. Ou seja, foi implementado o protocolo de comunicação entre ECU e VT.

```
<objectpool>
<!-- Data Mask - Main Mask -->
<datamask id="1177" name="dm_inicio" background_colour="white" soft_key_mask="softkeys1">
  <picturegraphic id="1178" name="pg_2" pos_x="60" pos_y="200" width="400" transparency_co
    options="transparent" format="8bit" rle="auto" file="MC11.png" file4=""
  <outputstring name="os_1" value="CAASO" pos_x="30" pos_y="50" width="290" height="64"
    options="transparent" horizontal_justification="left" font_attributes="fa
  <outputstring name="os_2" value="2011" pos_x="320" pos_y="62" width="150" height="48"
    options="transparent" horizontal_justification="left" font_attributes="fa
  <outputstring name="os_3" value="EESC-USP" pos_x="30" pos_y="140" width="420" height="22
    options="transparent" horizontal_justification="left" font_attributes="fa
  <outputstring name="os_4" value="Embrapa Instrumentação" pos_x="0" pos_y="170" width="42
    options="transparent" horizontal_justification="middle" font_attributes="f
</datamask>
<!-- END Data Mask -->
<!-- Macros -->
<!-- END Macros -->
<!-- Soft Key Masks -->
<softkeymask name="softkeys1" background_colour="yellow">
  <include_object name="Key_aplicacao"/>
```

Figura 20 - Object Pool no formato XML

O *object pool* é um arquivo onde está determinada toda a parte gráfica e funcionalidade da tela a ser exibida. O arquivo deve estar no formato XML (XML, 2012) como o ilustrado pela Figura 20.

3.2.2. Adaptação do sensor de refletância da planta

O sensor de refletância pode fornecer informações importantes para o auxílio à AP como o desenvolvimento e saúde das plantas. Porém, o sensor utilizado nesta parte do trabalho é um produto comercial, logo seu *software* não é aberto e não é possível alterá-lo, e isto impossibilitou adaptações como as que foram feitas no programa do sensor de condutividade elétrica do solo.

O sensor possibilita a aquisição de dados de três maneiras diferentes. Uma é através do *display* localizado no módulo de gerenciamento de dados. Outra maneira é armazenar os dados em cartão SD para analisá-los em um computador. A terceira maneira é através de comunicação serial RS232, o que possibilita que os dados estejam acessíveis no instante em que a medida é realizada. A maneira mais prática para um sistema autônomo é a terceira, pois independe da ação humana para que tais dados sejam analisados por um computador.

Através do *software Hiperterminal* analisou-se os dados fornecidos, focando na estrutura da informação, com o intuito de implementar uma maneira de separar os dados que interessam e montar uma mensagem CAN. A estrutura das mensagens que o sistema do sensor envia possui a estrutura apresentada na Figura 21.

659200,49,	6592,0.598,5.8444,1.4721				
659300,49,	6593,0.598,5.8446,1.4721				
659400,49,	6594,0.598,5.8445,1.4721				
659500,49,	6595,0.598,5.8445,1.4721				
659600,49,	6596,0.598,5.8445,1.4721				
659700,49,	6597,0.598,5.8446,1.4722				
659800,49,	6598,0.598,5.8445,1.4721				
659900,49,	6599,0.598,5.8445,1.4721				
660000,49,	6600,0.598,5.8444,1.4721				
1	2	3	4	5	6

Figura 21 – Formato da saída serial do sensor *Crop Circle*

Os campos da saída na serial representados na Figura 21 correspondem em sequencia:

- Tempo decorrido em que o sensor permaneceu ligado;
- Modo de operação do sensor;
- Número de amostras internas do ACS-210;
- Índice vegetativo de diferença normalizada (NDVI);
- Refletância faixa do infravermelho (R_{NIR});
- Refletância banda visível (R_{VIS}).

Nota-se que os dados enviados via RS232 que realmente interessam são os das colunas quatro (NDVI), cinco (R_{NIR}) e seis (R_{VIS}). Nota-se também que estes dados são separados por vírgulas e são compostos por cinco caracteres. Conhecer detalhes como a quantidade de campos existentes entre dados relevantes foi importante para implementar uma rotina capaz de selecioná-los.

Para obter um sistema onde as mensagens transmitidas via RS232 sejam enviadas a um barramento ISOBUS as seguintes ações foram tomadas:

- Desenvolvimento *software* para uma interface baseada na placa descrita no item 3.1.2. capaz de retransmitir dos dados de RS232 para o CAN.
- Desenvolvimento de um aplicativo para computadores *desktop* utilizando a biblioteca ISOAgLib para receber os dados fornecidos pelo sensor através do barramento CAN e retransmiti-los neste mesmo barramento junto a um *object pool* para que possa ser visualizado em um VT.

a) Interface entre RS232 e CAN

Para adaptar a comunicação serial RS232, utilizou-se a placa de interface CAN Figura 14 que possui porta RS232 e controlador CAN. Para o desenvolvimento do *software* da placa de interface RS232/CAN, que possui um microcontrolador PIC18f258, utilizou-se o software MPLAB. A linguagem de programação utilizada foi o C que exigiu o compilador C18. Como programador utilizou-se o ICD2.

O *software* desenvolvido para o conversor RS232/CAN possui uma estrutura simples e pode ser dividida em três partes principais:

- **Inicialização RS232** - Habilitou-se apenas a recepção e o *baud rate* foi configurado conforme o fabricante do *Crop Circle* determina (38400);
- **Inicialização CAN** - Através do uso de rotinas da biblioteca CAN fornecida pela *Microchip*;
- **Rotina principal** - Seleciona os dados relevantes recebidos via RS232 e monta mensagem CAN.

É na rotina principal onde toda a lógica do sistema esta implementada. Tal lógica consiste basicamente em:

- Verificar se há dados para serem lidos no barramento da RS232;
- Detectar o inicio da mensagem;
- Contar os caracteres da mensagem até chegar nos dados que interessam (NDVI, NIR e VIS);
- Cada caractere dos dados a serem selecionados é posto em um vetor de dados;
- O vetor de dados possui tamanho oito. Em cada campo é alocado oito bits de dados. Ou seja, o vetor é montado já no formato de mensagens CAN.
- Envio da mensagem ao barramento CAN.

A mensagem com os dados provenientes do sensor de refletância enviada ao barramento CAN deve possuir um campo identificador (ID) previsto na norma como ID proprietário, ou seja, ID que não possui um papel predefinido pela norma. Evitando assim, conflito de mensagens.

Desta maneira a placa de interface RS232 – CAN pode ser considerada uma ECU responsável pela comunicação entre a RS232 do sensor de refletância com um barramento ISOBUS. Em outras palavras, é uma NIU cuja função é apenas transferir as mensagens recebidas.

b) Aplicativo com ISOAgLib para envio de *object pool*

Todas as mensagens que trafegam em um barramento CAN está acessível à todas as ECUs presentes. Observa-se que não importa se a mensagem que trafega neste barramento possui um ID proprietário ou não pois cabe à ECU decidir se a mensagem que está no barramento será útil ou não.

A partir desta afirmação, desenvolveu-se um aplicativo para computador, por meio da ferramenta Eclipse e com uso da biblioteca ISOAgLib, capaz de ler as mensagens que trafegam em um barramento ISOBUS. O aplicativo lê a mensagem referente aos dados fornecidos pelo sensor de refletância e retransmite ao barramento ISOBUS junto a um *object pool* com o intuito de exibir tais dados no VT.

Observa-se que a parte do trabalho referente ao uso do *software* Eclipse e da biblioteca ISOAgLib (itens 3.2.1 b) e 3.2.2 b)) foram implementadas por Robson Pereira e Wellington Lopes. Foi realizado um acompanhamento destas atividades assim como alguns testes.

4. Resultados

As atividades descritas no capítulo 3 tiveram os resultados aqui descritos.

4.1. Rotinas de adaptação do sensor de condutividade elétrica do solo

O *software* modificado e implementado na placa que aquisição dos dados da condutividade elétrica do solo pode ser resumido através do diagrama de blocos representado na Figura 22.

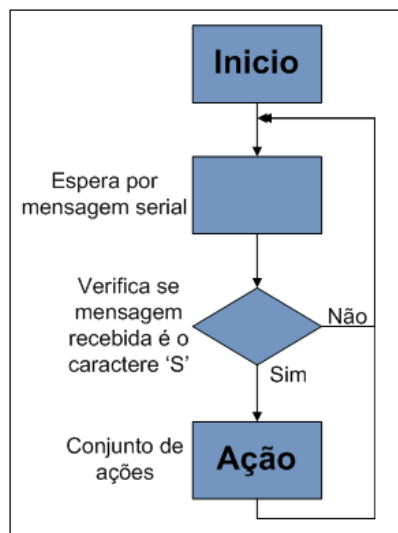


Figura 22 - Diagrama de blocos do *software* do sensor de condutividade elétrica do solo após as modificações

O bloco "Ação" do diagrama de blocos da Figura 22 é descrito em detalhes no diagrama de blocos da Figura 23.

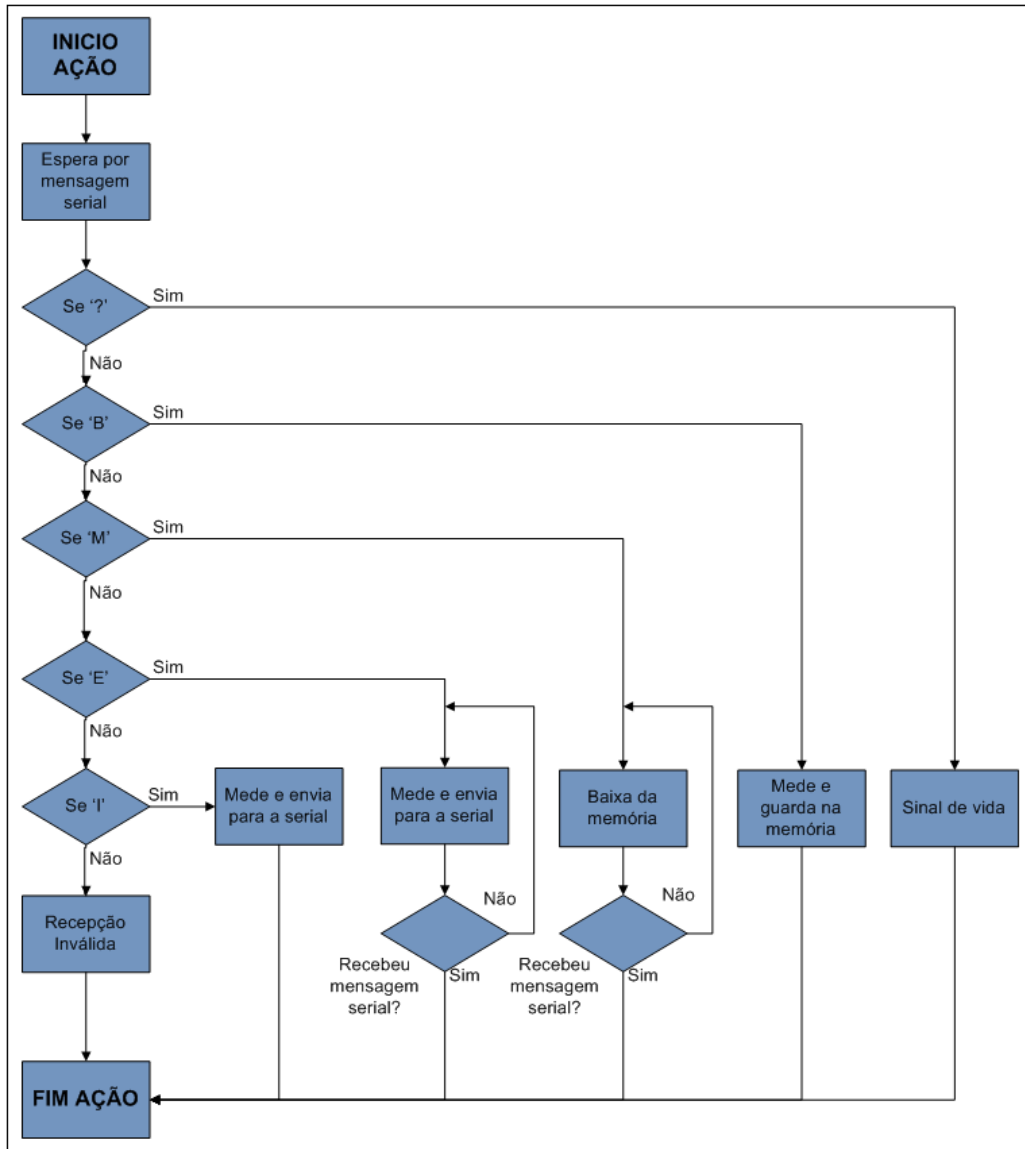


Figura 23 - Diagrama de blocos do conjunto ações indicadas na Figura 22

Com o programa funcionando conforme mostra o diagrama de blocos das Figura 22 e Figura 23 obteve-se um protocolo simples para comunicação via RS232. O protocolo implementado pode ser visto na Figura 24.

```

while(!DataRdyUSART()); //verifica se tem dados prontos na serial
{
  buf=ReadUSART(); //recebe dado CAN 1
  switch (buf)
  {
    case '?': 2
      testeUSART();
      break;
    case 'B':
      baixar(); //Baixa conteúdo da memória
      break;
    case 'b': 3
      baixar();
      break;
    case 'M':
      medirM(); //Mede e guarda medidas na memória
      break;
    case 'm':
      medirM();
      break;
    case 'E': 4 //Mede e joga as medidas direto pela porta serial
      medirE();
      break;
    case 'e':
      medirE();
      break;
    case 'I': 5
      medirI(); //Mede apenas uma vez e joga na porta serial
      break;
    case 'i':
      medirI();
      break;
    default: 6
      ddramend(128);
      putsXLCD(" Caractere ");
      ddramend(192);
      putsXLCD(" Invalido ");
      Delay10KTCYx(50);
      goto programa;
  }
}

```

Figura 24 - Mensagens recebidas e emitidas via serial RS232 após modificações

A Figura 24 mostra quatro modos de funcionamento implementados: 'M' (mede e grava na memória), 'B' (envia via serial os dados armazenados na memória), 'I' (envia apenas uma medida) e 'E' (envia medidas até ser interrompido). Nas duas últimas funções que os dados apresentados na Figura 24, nota-se que há caracteres indicando o início ('#') e o fim ('?') de cada medida. Tais caracteres serão de grande utilidade para que uma ECU saiba quando uma medida começa e quando termina. Cada medida terá a seguinte característica:

c1 [tab] c2 ?

Onde 'c1' e 'c2' são as medidas obtidas através dos eletrodos 1 e 2 (Figura 12) respectivamente.

Para passar estes dados para um barramento CAN, implementou-se uma NIU (tipo de ECU específica para interligação de barramentos). O diagrama do barramento de comunicação é ilustrado na Figura 25.

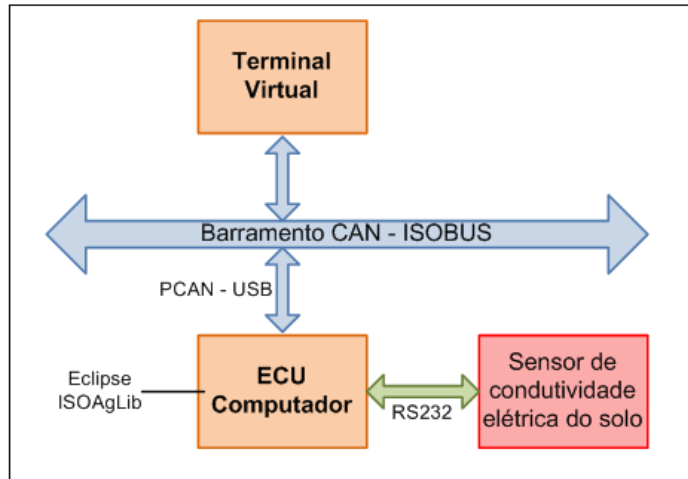


Figura 25 - Integração do sensor de condutividade elétrica do solo ao barramento CAN/ISOBUS

Na Figura 25 pode ser visto que a “ECU Computador” comunica-se com o sensor de condutividade, e, através de *object pool*, comunica-se pelo barramento ISOBUS como o Termina Virtual que pode ser visto na Figura 26.



Figura 26 - Terminal Virtual com a tela do sensor de condutividade elétrica

Através da tela do Terminal Virtual (Figura 26) é possível observar os dados recolhidos pelo sensor de condutividade elétrica do solo (campos em azul no centro do *display*).

4.2. Adaptação do sensor de refletância da planta

O *software* desenvolvido para a placa de interface CAN que viabiliza uma NIU para o sensor de refletância. A rotina dessa interface opera conforme o diagrama de blocos descrito pela Figura 27

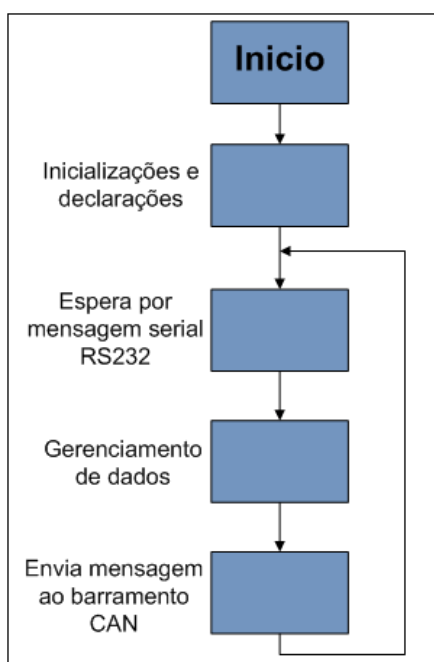


Figura 27 - Diagrama de blocos do *software* desenvolvido para a placa de interface CAN

O bloco especificado como "Gerenciamento de tarefas" no diagrama de blocos da Figura 27 pode ser visto em detalhes no diagrama apresentado na Figura 28.

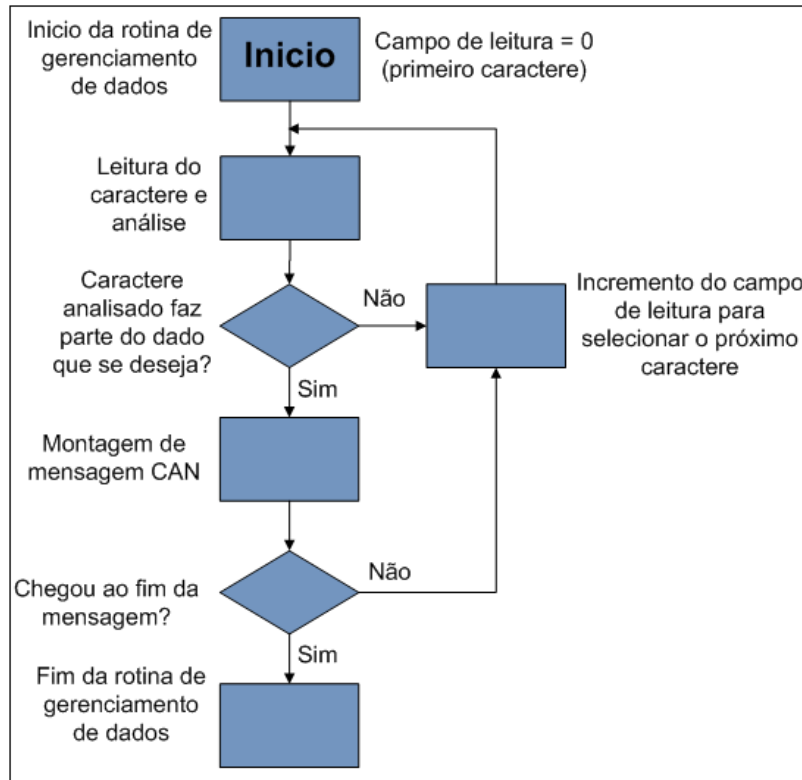


Figura 28 - Diagrama de blocos da rotina de gerenciamento de dados especificado na Figura 27

Devido à implementação de uma NIU por meio da placa de interface CAN os dados fornecidos pelo sensor de refletância passaram a ser transmitidos ao barramento CAN em uma mensagem com ID proprietário.

Através de ECU implementada em um computador com aplicativo desenvolvido com o uso da biblioteca ISOAgLib, os dados do sensor que trafegam no barramento CAN são selecionados e enviados a um VT dentro de um *object pool*.

O diagrama de blocos do sistema após todas estas ações está ilustrado pela Figura

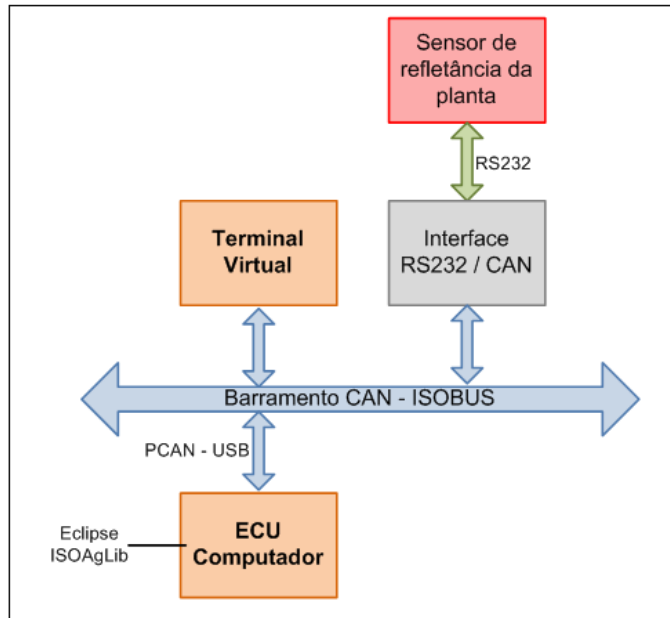


Figura 29 - Integração do sensor de refletância da planta ao barramento CAN/ISOBUS

4.3. Resultados finais

A integração dos sistemas dos sensores de condutividade elétrica e de refletância da planta em um barramento CAN com um VT conforme foi descrito anteriormente formou um sistema integrado conforme ilustra a Figura 30.

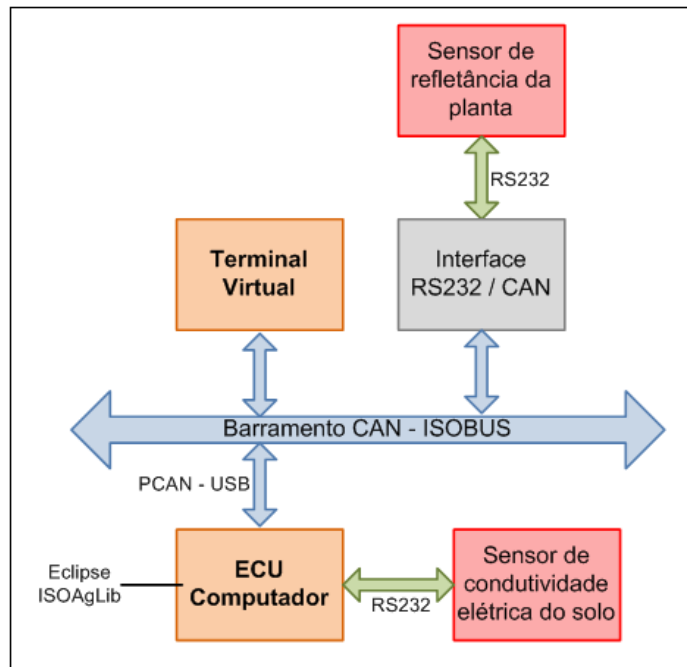


Figura 30 - Integração dos sistemas dos dois sensores através do barramento ISOBUS

Nota-se que o sistema apresentado na Figura 30 tem grande possibilidade de se tornar totalmente automático. Para isso há necessidade de adaptar o sensor *Crop Circle* de maneira que este independa dos botões indicados na Figura 13.

No presente trabalho utilizou-se duas maneiras de implementar uma interface padrão ISO11783. A primeira foi através do uso de um computador convencional, que apresentou ser eficiente, porém é limitado apenas para uso em bancada. A segunda maneira foi através de uma placa microcontrolada com interface RS232 e CAN que também apresentou ser eficiente além de mais enxuto em relação à primeira maneira e facilitar a embarcação do sistema.

Adaptar a placa de interface CAN, utilizada no sensor CROP CIRCLE, para o sensor de condutividade elétrica não deve ser uma tarefa complicada, pois basta conhecer o formato da mensagem recebida via RS232 e assim modificar o trecho do código em que se seleciona o dado que se deseja enviar ao barramento ISOBUS.

Porém, para poder utilizar todo o sistema em campo ou tornar o presente sistema e um sistema embarcado, mesmo se ambos os sensores utilizassem a placa de interface CAN, seria necessário substituir a ECU implementada no computador por uma ECU

embarcada em uma placa microcontrolada. Neste caso seria necessário o uso de um microcontrolador com maior capacidade de processamento como um ARM por exemplo.

Os testes do sistema apresentado na Figura 30 foram realizados em uma bancada de testes de um sistema ISOBUS (Figura 31). A bancada é constituída por diversos VTs e ECUs ISOBUS compatíveis. Possui conectores para que barramentos como o implementado neste trabalho possam ser testados.

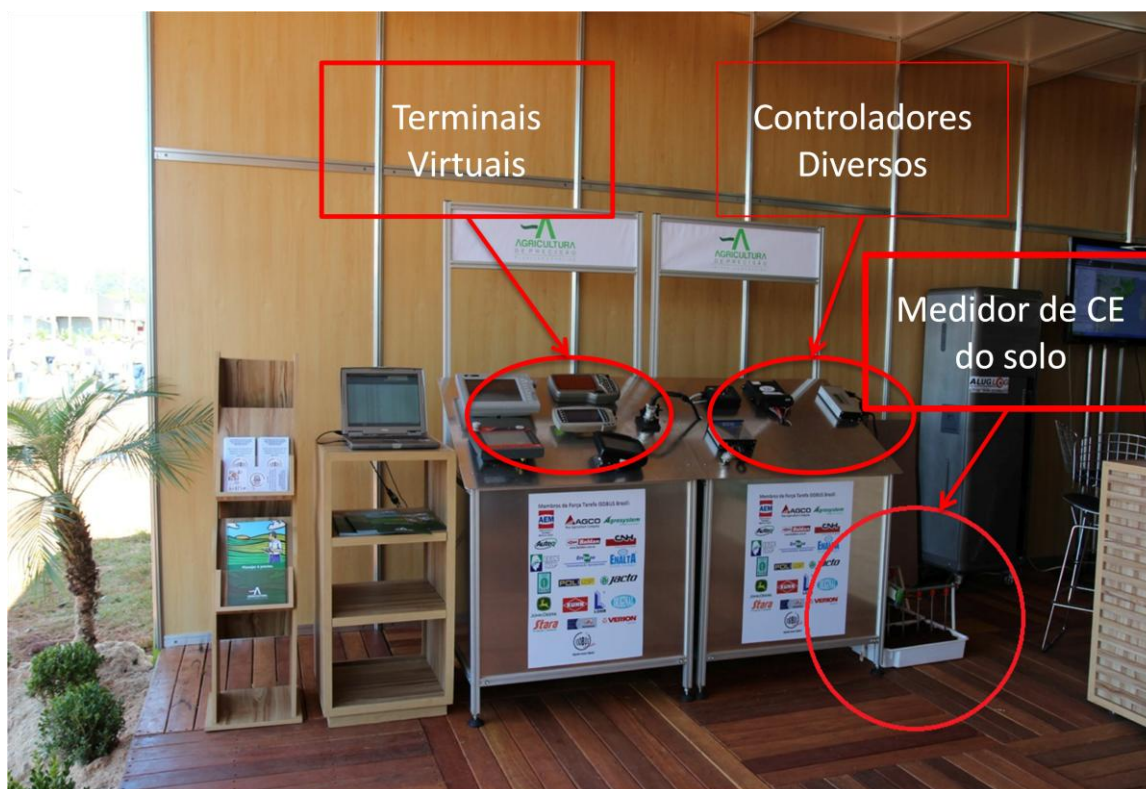


Figura 31 - Bancada ISOBUS (Agrishow 2012). Em destaque os sensores utilizados neste trabalho

5. Conclusões

A padronização por meio da norma ISO11783 apresentou ser eficiente. Estudos sobre a norma são necessários para que haja um maior domínio sobre o assunto e possibilite a implementação de sistemas mais completos e por consequência mais sofisticados.

A adequação dos sensores de condutividade elétrica e sensor de refletância da planta foi implementada através do uso da biblioteca ISOAgLib em um computador convencional. Também fez-se o uso do *hardware*, com o utilizado para a interface RS232 para o CAN. Sempre através do uso de linguagens C ou C++ (ISOAgLib).

Observa-se que tanto o uso de um computador convencional quanto o uso de uma placa de interface CAN mostraram-se eficientes apresentando vantagens e desvantagens diferentes.

Atualmente é pequena a busca por máquinas dentro do padrão ISOBUS por parte dos agricultores brasileiros. Isto acontece principalmente devido a dificuldades de adquirir tratores dentro da norma e também pela falta de conhecimento que produtores têm das vantagens que o ISOBUS proporciona. Tais tratores geralmente são importados e possuem um preço muito elevado. Obter implementos com a norma ISO 11783 não faz sentido quando não se possui tratores também normatizados. Portanto o investimento por parte dos agricultores é, por enquanto, muito alto.

Desenvolver mais aplicações que obedeçam a norma ISOBUS deve servir como um meio de divulgação da mesma, uma vez que no Brasil a norma ISO11783 ainda não é um conceito muito aceito, muitas vezes devido à falta de exemplos de máquinas ISOBUS compatíveis em real funcionamento no Brasil. Desta maneira as tarefas e os resultados descritos nesta monografia contribui para o projeto ISOBUS Brasil na divulgação da norma ISO11783 que tem realizado grandes esforços para a viabilização da norma no Brasil.

Os próximos passos a serem realizados devem ter como objetivo adaptar os equipamentos para o campo através de eletrônica embarcada. Para isso deve-se migrar as rotinas para uma ECU própria, cujo projeto encontra-se em andamento, e através de testes em campo e melhorias contínuas no sistema como um todo obter um protótipo cada vez mais confiável visando a divulgação da norma.

Referências Bibliográficas

ADAMCHUK, V.I. et al. On-the-go soil sensors for precision agriculture. **Computers and Electronics in Agriculture – ELSEVIER**, v.44, p.71–91. Disponível em: <<http://naldc.nal.usda.gov/download/16856/PDF>>, 2004.

AEF. *Agricultural Industry Electronics Foundation*. Disponível em: <<http://www.aefonline.org>>. Acesso em: Outubro de 2012.

CANOE. Disponível em: <http://www.vector.com/vi_canoen.html>. Acessado em: Novembro de 2012.

ECLIPSE. Disponível em: <<http://www.eclipse.org/>>. Acessado em: Novembro de 2012

FTI. Força Tarefa ISOBUS. Disponível em: <<http://www.isobus.org.br/>>. Acesso em: Setembro de 2012.

HOLLAND Scientific. Disponível em: <<http://hollandscientific.com/>>. Acesso em: Novembro de 2012.

HYPERTERMINAL. 2012. Disponível em: <[http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc736511\(WS.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/en-us/library/cc736511(WS.10).aspx)>. Acesso em: Novembro de 2012.

IGI. *Implementation group ISOBUS*. Disponível em: <<http://www.isobus.com/>>. Acesso em: Setembro de 2012.

INAMASU et al. **Agricultura de Precisão, Um Novo Olhar**. Embrapa Instrumentação. Editora Cubo, 2011.

ISO. *International Standardization Organization*. Disponível em: <<http://www.iso.org/>>. Acesso em: Setembro de 2012.

ISO11783-1. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 1: General standard for mobile data communication**. 2007. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2007-06-15.

ISO11783-2. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 2: Physical layer.** 2002. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2002-04-15.

ISO11783-3. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 3: Data link layer.** 1998. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 1998-07-01.

ISO11783-4. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 4: Network layer.** 2001. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2001-05-01.

ISO11783-5. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 5: Network management.** 2001. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2001-05-01.

ISO11783-6. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 6: Virtual terminal.** 2004. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2004-06-15.

ISO11783-7. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 7: Implement messages application layer.** 2007. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2007-08-17.

ISO11783-9. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 9: Tractor ECU.** 2002. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2002-07-01.

ISO11783-10. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 10: Task controller and management information system data interchange.** 2007. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2007-03-19.

ISO11783-11. Tractors and machinery for agriculture and forestry – Serial control and communications data network. **Part 11: Mobile data element dictionary.** 2007. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2007-04-01.

ISO11783-12. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network. **Part 12: Diagnostic services**. 2007. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2007-03-26.

ISO11783-13. Tractors and machinery for agriculture and forestry - Serial control and communications data network. **Part 13: File server**. 2007. INTERNATIONAL STANDARD. First edition 2007-05-15.

ISOAGLIB. Disponível em: <<http://isoaglib.com/en>>. Acesso em: Novembro de 2012.

MICROCHIP Technology Inc.. 2012. Disponível em: <<http://www.microchip.com/>>. Acesso em Novembro de 2012.

NAITF. *North America ISOBUS Implementation Task Force*. Disponível em: <<http://naitf.aem.org/>>. Acesso em: Setembro de 2012.

NISSEN, H.J. **ISOBUS Status of Standardization and Implementation**. Documento referente à apresentação no Workshop ISOBUS Brasil 2008. <[Http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/](http://www.isobus.org.br/ws2008/presentations/)> Acesso em Novembro de 2012.

PEREIRA, R.R.D. **Protocolo ISO 11783: procedimentos para comunicação serial de dados do controlador de tarefa**. 2008. Tese (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde-29042010-092136/pt-br.php>>. Acesso em: Setembro de 2012.

RABELLO et al. Agricultura de Precisão, Um Novo Olhar. **Mapeamento da condutividade elétrica do solo - sistema protótipo**. Embrapa Instrumentação. Editora Cubo, 2011.

RABELLO, L.M. Condutividade elétrica do solo, tópicos e equipamentos. **Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos**, ISSN 1518-7179, São Carlos, SP. 2009. 43, p.19.

ROUSE, J.W. et al. Monitoring vegetation system in the great plains with ERTS. **Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium**, Greenbelt: NASA SP, 3010-3017. 1974.

SAE-J1939. **Surface vehicle recommended practice**. 2008. THE SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS.

SOUSA, R.V. **CAN (Controller Area Network): uma abordagem para automação agrícola**. 2001. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de Sao Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos . 2001. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-30102007-115747/pt-br.php>>. Acesso em: Setembro de 2012.

SOUSA, R.V. et al. Redes Embarcadas em Máquinas e Implementos Agrícolas: o Protocolo CAN (Controller Area Network) e a ISO11783 (ISOBUS). **Embrapa Instrumentação Agropecuária. Documentos**, ISSN 1518-7179, São Carlos, SP. 2007. 27, p.40.

TANGERINO, G.T. **Sistemas de sensoriamento embarcado para uso em controle de aplicações de insumos agrícolas à taxa variável**. 2009. Tese (Mestrado) Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18145/tde-02032010-153816/pt-br.php>>. Acesso em: Setembro de 2012.

VERIS TECHNOLOGIES. Disponível em: <<http://www.wtk-elektronik.de/>>. Acesso em: Novembro de 2012

XML. Disponível em: <<http://www.w3.org/standards/xml/>>. Acessado em: Novembro de 2012

Apêndice A – ISO11783

A norma ISO 11783 é baseada no protocolo CAN de comunicação, porém algumas especificações foram baseadas nas normas DIN 9684 e SAE J1939 e sua documentação esta dividida em quatorze partes distintas.

- Parte 1: *General Standard*;
- Parte 2: *Physical Layer*;
- Parte 3: *Data Link Layer*;
- Parte 4: *Network Layer*;
- Parte 5: *Network Management Layer*;
- Parte 6: *Virtual terminal*;
- Parte 7: *Implement Messages Application Layer*;
- Parte 8: *Power Train Message*;
- Parte 9: *Tractor ECU*;
- Parte 10: *Task Controller*;
- Parte 11: *Mobile Agricultural Data Dictionary*;
- Parte 12: *Diagnostics*;
- Parte 13: *File Server*
- Parte 14: *Sequence Control*.

Nota-se a importância de alguns assuntos, tal que, acabam por tomar todo um documento, como por exemplo, a parte seis que trata apenas do VT. Tais documentos especificam protocolos conforme o modelo de camadas OSI. As camadas que a norma ISO11783 define são as camadas físicas, enlace de dados, rede, transporte e aplicação, sendo que a camada de alto nível apresenta o grande diferencial da norma em relação às outras normas baseadas no protocolo CAN.

A Figura 32 ilustra uma rede ISO 11783 constituída por componentes tanto do trator quanto do implemento.

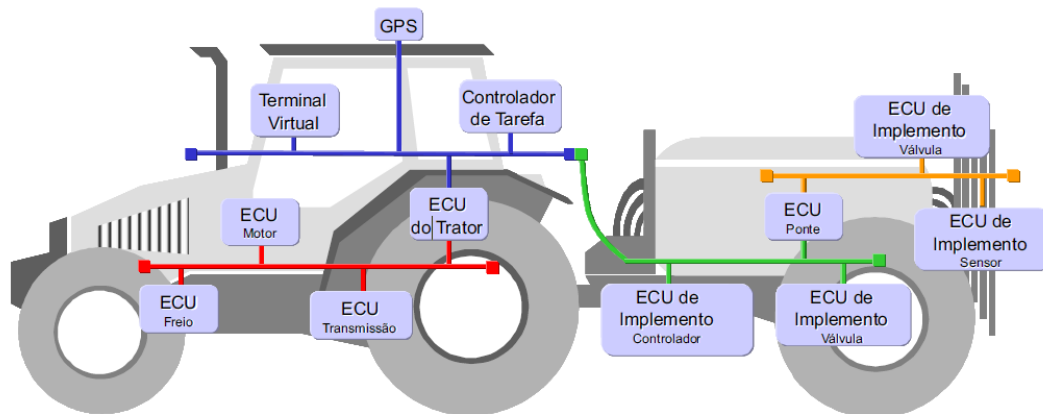


Figura 32 - Rede ISO 11783 (SOUSA, 2001)

Segundo a norma, cada módulo do sistema possui uma unidade de controle eletrônico (ECU - *Electronic Control Unit*) responsável por conectá-lo ao barramento CAN. Cada unidade de controle constitui um nó no barramento e a quantidade de nós na rede CAN é limitada pela ISO 11783. O ISOBUS também define detalhes como o comprimento do cabo principal da rede CAN e número de sub-redes CAN que o conjunto trator-implemento deve apresentar. A ISO 11783 define três tipos de sub-redes que podem ser vistas na Figura 32. São elas:

- **Sub-rede do veículo (vermelho)** - também é conhecida com Barramento do Trator ou *Tractor Bus*. É formada por ECUs relacionadas com o funcionamento do trator (SOUSA et al., 2007);
- **Sub-rede principal de implementos (azul e verde)** - é o barramento onde as ECUs responsáveis pelo implemento são conectadas ao trator, além estar interligada com a sub-rede do veículo através da ECU do trator. Também conhecida como Barramento do Implemento ou *Implement Bus*, a sub-rede deve possuir ECUs e interfaces importantes com o meio externo como o Controlador de Tarefas, VT e GPS (SOUSA et al., 2007);
- **Sub-rede complementar (laranja)** - este tipo de sub-rede não precisa necessariamente estar dentro da norma ISOBUS. Mas para estar interligado ao restante do sistema deve haver uma ECU capaz de adaptar a Sub-rede complementar ao Barramento de Implementos (SOUSA et al., 2007).

As sub-redes descritas acima são conectadas por Unidades de Interconexão de Rede (NIU - *Network Interconnection Unit*). Na Figura 32 temos duas NIUs representadas pela ECU Ponte e ECU do Trator.

Segue a descrição de cada parte da norma ISO11783.

Parte 1 - Norma geral para comunicação de dados embarcados

Este primeiro documento apresenta uma visão geral sobre o padrão ISO 11783, definições básicas e também trata da finalidade de cada parte (ISO11783-1, 2007).

Parte 2 - Camada física

O segundo documento que forma a norma ISO 11783 traz especificações e definições relacionadas à camada física (ISO11783-2, 2002).

Nota-se que algumas especificações como o tipo de codificação de linha (NRZ - *Nom Zero Return*), regra de violação de bits (*Bit-Stuffing*) e níveis de sinais elétricos da norma ISO11898 são importadas de outras (ISO11783-2, 2002).

O sinal é transmitido através de dois fios denominados por CAN-H e CAN-L cujos níveis de tensão formam um sinal elétrico diferencial que, seguindo o código de linha NRZ, formam o nível recessivo e o dominante representando os bits. A Figura 33 ilustra os níveis dominante e recessivo através da variação da tensão nos fios de transmissão (SOUSA, 2001).

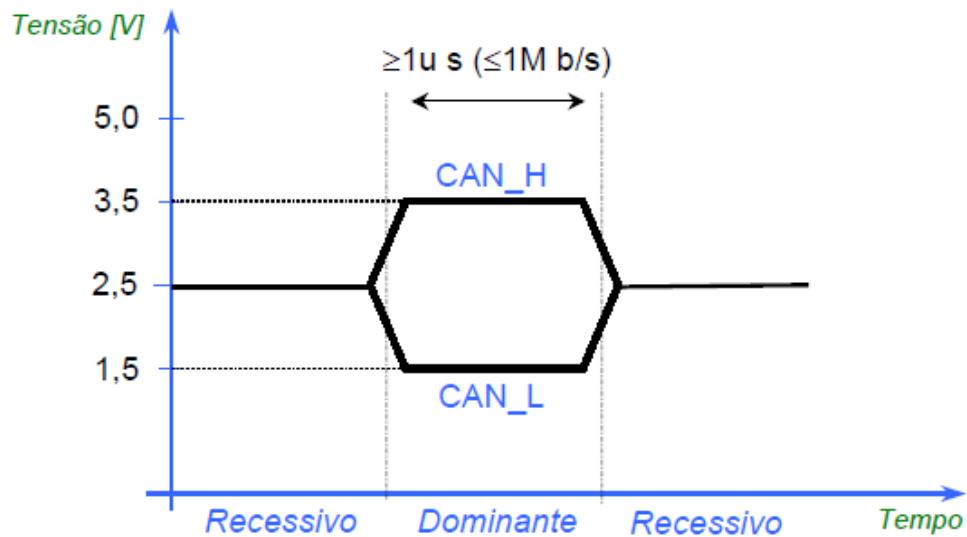


Figura 33 - Níveis de sinais elétricos especificados pelas normas ISO11898 e ISO11519 (SOUSA et al., 2007)

Como mostra a Figura 33, é definida uma tensão de referência de 2,5V que é o valor apresentado por ambos os fios no nível recessivo, portanto resulta em uma diferença nula entre o CAN-H e o CAN-L. No nível dominante o CAN-H apresenta uma tensão de 3,5V enquanto o CAN-L apresenta 1,5V. Esta configuração minimiza a interferência eletromagnética na comunicação mantendo a diferença de tensão entre os dois fios, pois ambos os sinais são afetados igualmente (SOUSA, 2001).

A norma fixa a taxa de comunicação em 250kb/s para garantir a compatibilidade e também define um limite de 30 nós por sub-rede. O comprimento máximo do barramento principal é limitado em 40m (SOUSA, 2001).

No cabo do barramento, além do CAN-H e CAN-L que são destinados à sinalização elétrica digital, são especificados mais dois fios, TBC-PWR e TBC-RTN, que alimentam os circuitos de terminação ativa do barramento (TBC - *Terminating Bias Circuit*). O circuito TBC tem como principal funcionalidade o casamento de impedância nas terminações do barramento. Desta maneira evita-se a reflexão do sinal e assegura o bom funcionamento neste sentido. Outra função é fornecer o sinal de referência em 2,5V para os sinais do barramento. A norma especifica e apresenta esquemas elétricos para os circuitos de terminação.

Na Figura 34 temos um diagrama onde pode-se encontrar elementos físicos do barramento.

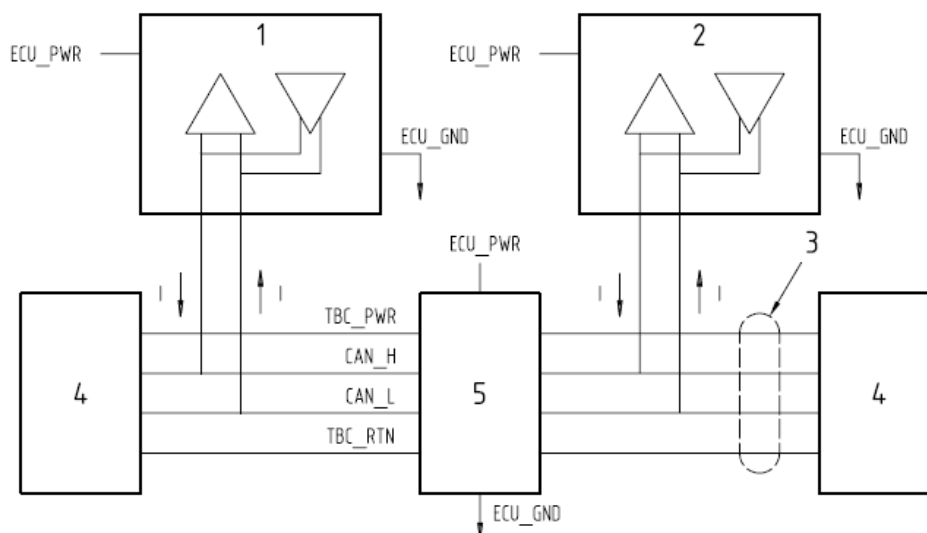


Figura 34 - Elementos básicos de uma rede ISOBUS (ISO11783-2, 2002)

Onde:

- **1 e 2** - ECU;
- **3** - Cabo trançado;
- **4** - TBC - *Terminating Bias Circuit*;
- **5** - Alimentação dos fios TBC-PWR e TBC-RTN;
- **ECU-PWR e ECU-GND** - Alimentação das ECUs presentes no barramento.

A Figura 34 ilustra a maneira em que os dispositivos descritos são interligados através do barramento. Porém não representa um exemplo completo de camada física definida pela norma ISO11783. Segue uma lista com outras especificações que a norma apresenta:

Resistências e capacitâncias internas, níveis máximos de sinais elétricos suportados, atrasos de propagação de sistemas elétricos, topologia de cabos, dimensões limites de sub-redes, limites de temperatura de operação, conectoras, circuitos elétricos, tempo de bit, amostragem do bit, sincronização, limites de atraso de transmissão, método para verificação de parâmetros elétricos do barramento, transceptores e circuitos de alimentação elétrica.

Parte 3 - Camada de enlace de dados

A parte 3, camada de enlace de dados, da norma ISO11873 apresenta os requisitos de implementação do CAN e especifica estrutura das mensagens (ISO11783-3, 1998). O protocolo CAN utilizado é CAN 2.0 B (*Extended CAN*) cujo quadro está indicado na Figura 35, o mesmo especificado pela norma ISO11898.

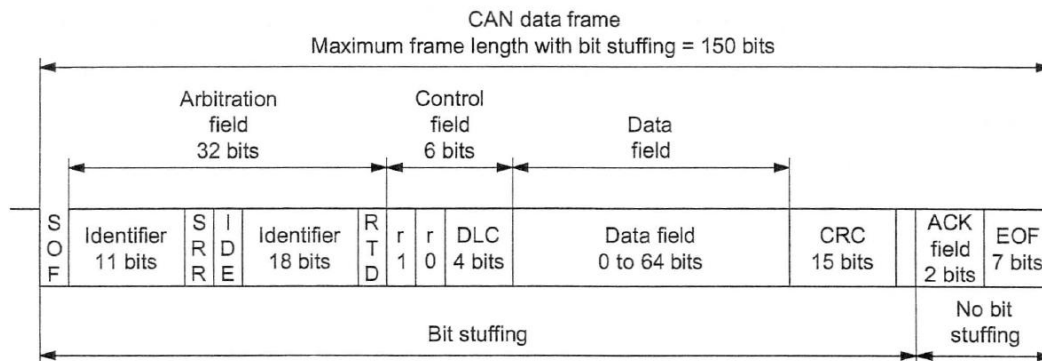


Figura 35 - Quadro de uma mensagem CAN 2.0 B (ISO11783-3, 1998)

A mensagem CAN é dividida em dois campos principais: campo identificador (29 bits) e campo da mensagem (64 bits). O campo identificador permite aos nós selecionar as mensagens que lhes interessam e tratá-las conforme as suas necessidades ou dando uma prioridade adequada. Neste sentido são implementados filtros de aceitação nos nós receptores das mensagens. Tais filtros podem ser configurados para gerar interrupção no processamento da ECU apenas quando chegam mensagens de interesse (SOUSA et al. 2007).

Para que as mensagens acessem o meio físico sem que haja sobreposição no caso de envio de duas mensagens no mesmo instante (colisão de mensagem) utiliza-se o mecanismo de acesso ao meio conhecido por Acesso Múltiplo com Detecção de Portadora com Arbitragem Não Destrutiva por Operação Lógica Bit-a-Bit - CSMA/NDBA (*Carrier Sense Multiple Acces with Non-Destructive Bitwise Arbitration*). Este mecanismo faz uso de lógica 'E' onde o estado '0' sobrepõe-se ao estado '1', desta maneira a prioridade é dada para a mensagem que apresenta o menor valor.

O uso do campo identificador das mensagens é definido pela norma ISO11783 que utiliza Unidades de Protocolo de Dados (PDU - *Protocol Data Unit*). As PDUs são formas de

endereçamento das mensagens. No caso do ISOBUS são apresentadas duas estruturas possíveis para o identificador, PDU1 e PDU2. As PDUs1 são mensagens entre duas ECUs predeterminadas, ou seja, a mensagem possui como destino uma ECU específica. Mensagens que não possuem apenas uma ECU como destino mas são destinadas à todas os nós do barramento apresentam a estrutura definida pela PDU2. A Figura 36 mostra as duas PDUs especificadas.

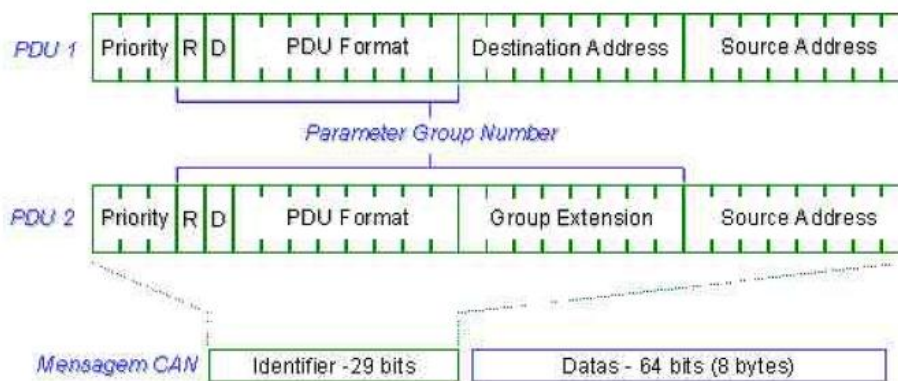


Figura 36 - Estrutura do identificador ISOBUS (SOUSA et al., 2007)

O conjunto de bits denominados por *Parameter Group Number* (PGN - Número do Grupo de Parâmetros) presente no campo identificador, como indica a Figura 36, é uma forma de identificar o conteúdo da mensagem. O PGN de uma mensagem indica a qual grupo de parâmetros (PG - *Parameter Group*) os dados pertencem. Um PG é formado por um conjunto de parâmetros que possuem características semelhantes ou de mesma natureza que são agrupadas para compor uma mensagem relativa a um determinado tema (ISO11783-3, 1998; SOUSA et al., 2007). Para cada PGN há um protocolo que define o conteúdo da mensagem. A norma especifica cinco tipos de mensagens (PEREIRA, 2008):

- **Command** - Solicita uma ação, pode ser de destino específico ou global;
- **Request** - Solicita informações em nível global ou de um destino específico;
- **Broadcast / Response** - Transmissão de informações ou resposta de uma mensagem *command* ou *request*;
- **Acknowledgement** - Mecanismo para sinalizar 'vida' entre dispositivos (ping);
- **Group Function** - Usado para grupos com funções especiais.

Parte 4 - Camada de rede

De maneira geral, a quarta parte da norma especifica regras para interligar as sub-redes existentes, ou seja, especifica as NIUs presentes no sistema (ISO11784-4, 2001). Esta parte define também as estruturas das mensagens de rede e parâmetros utilizados para administração das bases de dados das NIUs. Os tempos limites das funções realizadas pelas NIUs também são definidas (PEREIRA, 2008).

As principais funções das Unidades de Interconexão de Rede são:

- **Encaminhamento de mensagens:** recebe uma mensagem de uma das sub-redes a qual está conectada e transfere para outra sem alterá-la, respeitando as especificação da norma;
- **Filtragem de mensagens:** seleciona as mensagens que devem ser repassadas e barra as que não interessam para o outro barramento. Esta seleção é feita através da leitura do PGN da mensagem recebida;
- **Translação de endereços:** alteração do endereço de uma determinada mensagem antes de repassá-la à outra sub-rede;
- **Remontagem de mensagem:** recolher as informações carregadas por diferentes mensagens e transmitir para a outra sub-rede apenas as que interessarem em um único endereço;
- **Administração de base de dados:** Conjunto de regras para gerenciamento da base de dados de uma NIU em uma rede.

A norma especifica até cinco tipos diferentes de NIUs de acordo com as funções que exercem. São elas:

- **Repeaters (Repetidores)** - encaminhamento de mensagens;
- **Briges (Pontes)** - encaminhamento e filtragem de mensagens;
- **Routers (Roteadores)** - encaminhamento, filtragem e translação de endereço de mensagens;
- **Gateways (Portais)** - encaminhamento, filtragem, translação de endereço e remontagem de mensagens;
- **Tractor ECU (ECU do trator)** - mesma função de um `\textit{Gateway}` porém é especificada especialmente para interligar a sub-rede do trator com a sub-rede principal do implemento.

Para a escolha de uma NIU é necessário conhecer as características das sub-redes que se deseja conectar. Tais NIUs interligam diversas sub-redes e compõem assim uma rede conforme a norma ISO11783 como mostra a Figura 37.

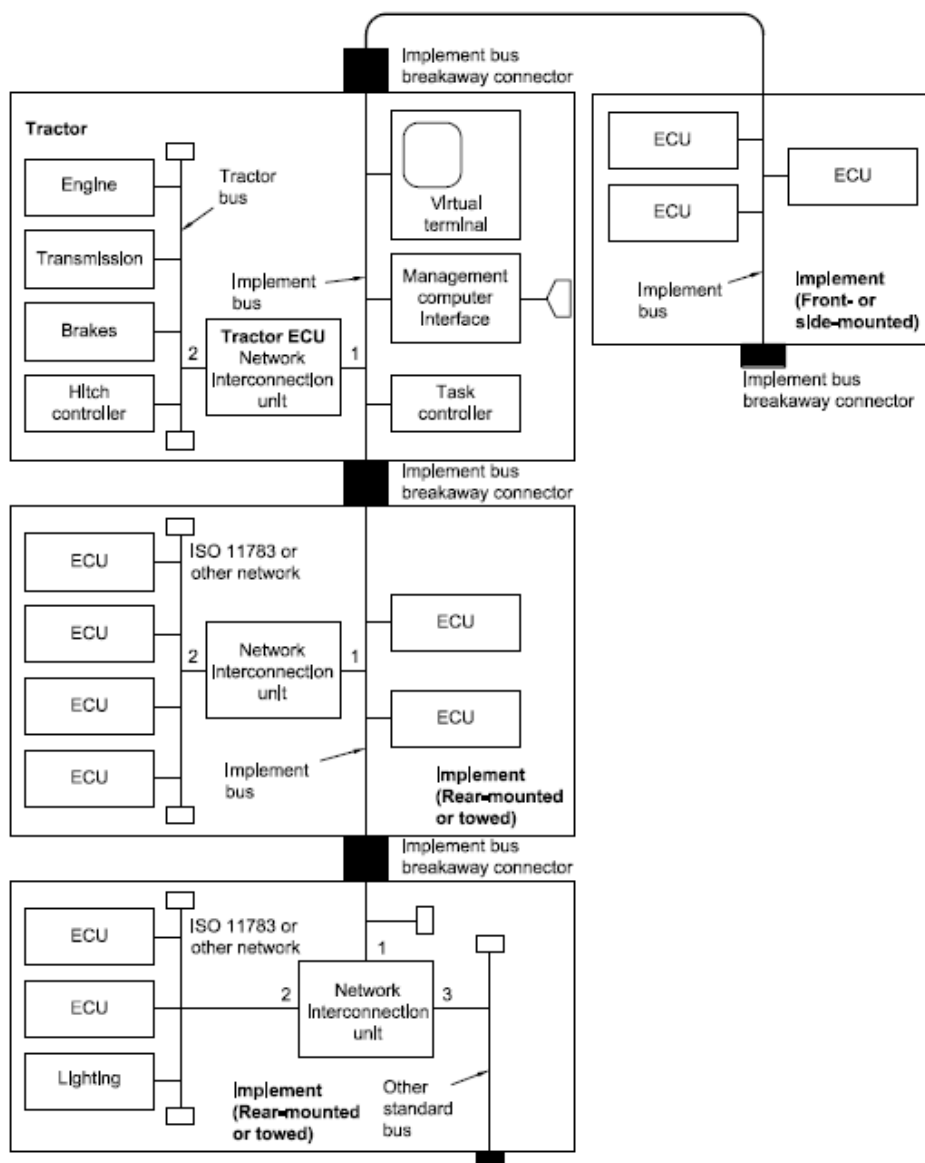


Figura 37 - Rede ISOBUS genérica (ISO11783-4, 2001)

Na Figura 37 observa-se que há três implementos conectados ao trator através de conectores especiais formando uma sub-rede principal de implemento. Nota-se outras três sub-redes além do barramento de implemento. Estas são conectadas ao barramento principal através de NIUs ou ECU do trator para o caso do barramento do trator.

Parte 5 - Gerenciamento de rede

A parte 5 da norma especifica o tratamento, configuração e negociação de endereços de origem (SA - *Source Address*) das ECUs, assim como o gerenciamento das SAs. Estes endereços são associados à funcionalidade das ECUs que representam. As SAs são utilizadas no processo de inicialização das unidades de controle na rede CAN (SOUSA et al., 2007; PEREIRA, 2008; ISO11783-5,2001).

Tipos de ECUs definidas pela quinta parte da norma:

- **ECU padrão** - ECU comuns, sem nenhuma funcionalidade especial. Ex.: Controlador de tarefas, ECU do GPS, Terminal Virtual, etc;
- **ECU de diagnóstico ou de desenvolvimento** - São conectadas ao barramento para monitorar e analisar a rede;
- **ECU de interconexões de redes** - ECUs como NIUs especificadas na parte 4 da norma.

A norma também especifica quatro tipos de ECUs conforme a atribuição de endereços que apresentam. Neste sentido, para cada tipo de ECU, há um tipo de SA. Seguem os quatro tipos de ECUs especificadas:

- ECU de endereço não configurável;
- ECU de endereço configurável em manual;
- ECU de endereço configurável por Comando;
- ECU de endereço auto configurável.

A norma também especifica uma mensagem com campo de dados estruturado para prover uma descrição funcional de uma ECU para o restante do barramento denominada NAME. Esta estrutura também apresenta uma importância significativa no processo de inicialização de um ECU em que o endereço de origem é negociado através de mensagens pelo barramento (SOUSA et al., 2007).

Para o processo de negociação de endereço, que ocorre através de mensagens que trafegam no barramento, e para a administração da rede a norma define quatro estruturas de mensagens (SOUSA et al., 2007):

- **Request for Address Claim** - Solicitação de anúncio de endereço;
- **Address Claim** - Anúncio de endereço;
- **Commanded Address** - Endereçamento por comando;
- **Cannot Calim** - Falha na requisição de endereço.

Parte 6 - Terminal Virtual

O Terminal Virtual (VT - *Virtual Terminal*) é a Interface Homem Máquina (IHM) do sistema de automação agrícola. É localizado na cabine do veículo e através dele deve ocorrer toda a interação com os implementos conectados. Esta interação ocorre através de um *display* gráfico (monitor) e *soft-keys* (botões). Alguns modelos de VT apresentam até *displays touch-screen* (monitores sensíveis ao toque) (ISO11783-6, 2004).

Os VTs permitem ao usuário visualizar diversas variáveis do sistema e trocar informações diretamente com ECUs. Também recebe informações sobre o estado das máquinas e das operações que elas realizam, é notificado sobre problemas, armazena dados, entre outras tarefas (SOUSA et al., 2007).

A norma define um protocolo de troca de dados que permite ao usuário interagir com o implemento enviando comandos ou recebendo informações de todo o barramento (PEREIRA, 2008). Na inicialização do VT, que é considerado um tipo específico de ECU, o sistema oferece as informações necessárias para o controle de suas funções através do envio de um arquivo denominado *object pool* (ISO11783-6, 2004).

Através de um protocolo de troca de informações, o *object pool* é dividido e enviado ao VT em partes portando dados gráficos a serem carregados pelo *display*. As informações que o *object pool* transporta, que são expostas pelo display, são definidas por *data mask* (página de dados), *alarm mask* (página de alarme) e *soft-key mask* (botões para troca de página) (PEREIRA, 2008; ISO11783-6, 2004).

Parte 7 - Mensagens do Implemento na Camada Aplicação

Na sétima parte da norma especifica-se as mensagens trocadas pelos elementos da sub-rede principal de implemento. São definidos parâmetros e PGs para este barramento. (SOUSA et al., 2007; ISO11783-7, 2007).

Esta parte da norma traz especificações de mensagens que visam atender às necessidades de um implemento por informações do trator. Estas mensagens contêm informações como: navegação, tempo, localização, distância, entre outros (ISO11783-7, 2007).

Parte 8 - Mensagens de trem de forças

A oitava parte da norma especifica as mensagens trocadas pelos elementos da sub-rede principal do trator. Assim como a parte 7, aqui são definidos parâmetros e PGs para este barramento (SOUSA et al., 2007; ISO11783-7, 2007).

As mensagens especificadas para o barramento do trator são iguais às definições da norma SAE J1939 (SAE-J1939, 2008). Entre estas mensagens podemos citar como exemplo: regulação e atuação dos freios, dimensões, combustível, elétrica e eletrônica embarcada, potência do motor, velocidade do motor, torque e outros (PEREIRA, 2008; ISO11782-7, 2007).

Parte 9 - ECU do trator

A nona parte da norma ISO11783 especifica em detalhes a *Tractor ECU* (ECU do trator) do sistema. Como pode-se ver na Figura 32 esta ECU possui funções de *gateway*, ou NIU, entre a sub-rede do implemento e a sub-rede do trator (SOUSA et al., 2007; ISO11783-9, 2002).

Outras funcionalidades da ECU do trator são especificadas como o controle da potência distribuída aos implementos e controle do sistema de iluminação do conjunto. O processo de inicialização desta ECU não é diferente das outras ECUs e seu acesso às

funcionalidades do VT é igual à qualquer outro implemento (SOUSA et al., 2007; ISO11783-9, 2002)

Parte 10 - Controlador de tarefas e a troca de dados com o sistema de gerenciamento da informação

A décima parte da norma especifica o *Task Control* (TC - Controlador de Tarefas) e suas responsabilidades no sistema de gerenciamento da informação (ISO11783-10. 2007).

O TC é uma ECU especial responsável por gerenciar e controlar tarefas a serem executadas pelos implementos. Muitas dessas tarefas são pré-determinadas na sede da fazenda. O controlador de tarefas não possui uma interface gráfica própria, usa-se, portanto, o VT para tal finalidade (PEREIRA, 2008). Porém pode conter interfaces proprietárias como transceptor de rádio ou suporte para cartões de memória. Tais interfaces são utilizadas para realizar ou auxiliar na comunicação de dados com um Sistema de Administração de Informação (MIS - *Management Information System*) (SOUSA et al., 2007; ISO11783-10, 2007).

O MIS para aplicações na agricultura é um sistema que visa auxiliar na tomada de decisões para atuação nos processos relacionados através da armazenagem de informações e com o processamento destas. Este Sistema de Administração de Informação é composto por um PC (computador de gerenciamento da fazenda) e programas computacionais especializados para agricultura e geram as tarefas que serão responsabilidade do TC implementar. O gerenciamento das tarefas tem as seguintes etapas (PEREIRA, 2008):

- Planejamento das tarefas através do MIS;
- Conversão dos dados da tarefa para um formato em que o TC possa entender;
- Transferência desses dados para o TC;
- Através dos dados realiza-se o controle do implemento;
- Armazena os dados sobre a execução das tarefas;
- Os dados recolhidos são transferidos para o MIS;
- Tais dados são avaliados e podem ser usados nas próximas tarefas a serem realizadas.

A norma especifica o formato dos dados trocados entre o computador de gerenciamento da fazenda e o TC. Define também um formato de arquivo de dados através do documento *Agricultural Data Interchange Syntax* (ADIS - Sintaxe de trocas de Dados Agrícola (ISO11787- 1995)). Define também o formato das mensagens que o TC envia às outras ECUs presente no barramento (SOUSA et al., 2007; ISO11783-10, 2007).

Parte 11 - Dicionário de elementos de dados embarcados

A parte 11 da norma apresenta uma lista de todos os objetos de dados e seus elementos de dados. "Um elemento de dados é uma unidade de informação, que consistem em atribuir o formato de dados, comprimento, dígitos após o ponto decimal, unidade e a direção da comunicação" (PEREIRA, 2008). Os dados definidos neste documento são essenciais para a implementação das especificações da parte 10 do documento (Controlador de tarefas e a troca de dados com o sistema de gerenciamento da informação) (ISO11783-11, 2007).

Parte 12 - Serviços de diagnóstico

Especifica os componentes necessários para a implementação de serviços de diagnóstico da rede ISO11783. Define os conectores que devem ser utilizados, especifica as mensagens e toda a camada de aplicação referente ao sistema de diagnóstico (SOUSA, 2001; ISO11783-12, 2007).

Parte 13 - Servidor de arquivo

A décima terceira parte da norma ISO11783 especifica um *File Server* (FS - Servidor de Arquivo) para o sistema ISOBUS. Constitui uma ECU conectada ao barramento de implemento. A norma define o formato de dados armazenados no FS e "especifica mensagens para leitura, escrita, criação de diretórios e formatação" (SOUSA et al., 2007; ISO11783-13, 2007).

Parte 14 - Funções Automatizadas

A última parte da norma contém especificações para as funções automáticas executadas em máquinas agrícolas, ou seja, define-se um controle sequencial das funções que tem como objetivo a automação. Esta parte da norma encontra-se em desenvolvimento atualmente.