



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

JULIANA GALENDE

**ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE PARTICIPATIVO  
DO PLANTIO DIRETO (IQP) PARA O NORTE DO PARANÁ**

---

Londrina  
2018

JULIANA GALENDE

**ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE PARTICIPATIVO  
DO PLANTIO DIRETO (IQP) PARA O NORTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Ralisch  
Co - orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Londrina  
2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Galende, Juliana.

ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE PARTICIPATIVO DO PLANTIO DIRETO (IQP) PARA O NORTE DO PARANÁ / Juliana Galende. - Londrina, 2018.

85 f.

Orientador: Ricardo Ralisch.

Coorientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2018.

Inclui bibliografia.

1. Conservação de Solo e Água - Tese. I. Ralisch, Ricardo. II. de Aguiar e Silva, Marcelo Augusto. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

JULIANA GALENDE

**ADAPTAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE PARTICIPATIVO  
DO PLANTIO DIRETO (IQP) PARA O NORTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

***BANCA EXAMINADORA***

---

Co - orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de  
Aguiar e Silva  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Professora. Dra. Gisele de Aquino  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Pesquisador Dr. Rafael Fuentes Llanillo  
Instituto Agrônômico do Paraná - IAPAR

Londrina, 28 de fevereiro de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Universidade Estadual de Londrina, que me deu base na graduação para que eu pudesse explorar o máximo as oportunidades de ensino, como instituição superior de qualidade e ao corpo de docente do programa de Mestrado de Agronomia.

Agradeço ao meu orientador Ricardo Ralisch pela confiança e pela oportunidade de cursar um mestrado na área de Conservação de Solo e Água, em uma instituição de ensino superior de qualidade. Agradeço também pelo apoio dado em todo o período até então, como pessoa e orientador, um exemplo.

Ao professor Marcelo Aguiar, por estar sempre a disposição desde a graduação até hoje, como tutor do estágio, orientador de TCC, Co-Orientador do mestrado e pela amizade.

Ao órgão financiador do trabalho, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Cnpq).

Gostaria de agradecer também algumas pessoas que contribuíram para o trabalho, sendo eles o Osmar Conte da Embrapa e a Amanda Pit Nunes por sempre se mostrarem solícitos e disponíveis desde o início do programa em 2016.

Aos meus avós, em especial meu avô Altair Andreotti e Faustino Galende que me inspiraram o interesse pela área de agricultura desde a infância. Aos meus pais Roberto e Sandra, meu irmão André e meu namorado Gustavo que me apoiaram a prestar o mestrado e me dão forças desde o início para que eu possa concluir com êxito mais uma etapa importante de minha vida. Colegas que me acompanham desde a infância e a Smaylla, grande companheira que conheci no mestrado.

*“Ver aquilo que temos diante do nariz requer  
uma luta constante.”*  
(1984 – George Orwell)

GALENDE, Juliana. **Adaptação do índice de qualidade participativo do plantio direto (IQP) para o Norte do Paraná.** 2017. 70 folhas. Defesa (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## RESUMO

O Sistema Plantio Direto (SPD) tem função econômica, social e ambiental na atual agricultura no Brasil. Dentre sua importância, destaca-se as questões ambientais, sendo considerado sinônimo de agricultura conservacionista pela FAO, incentivado e estudado por diversas instituições públicas e privadas. Se não manejado corretamente pode gerar efeito contrário ao desejado, acarretando danos no solo, na água e na produtividade, como pode ser observado no Norte do Paraná, região berço do SPD. O objetivo do trabalho foi adaptar o Índice Participativo de Qualidade de Plantio Direto (IQP), inicialmente desenvolvido para o Oeste do Paraná, para a região de Londrina e discutir dados e informações socioeconômicas das propriedades. A microbacia analisada se localiza no município de Rolândia, região metropolitana de Londrina, Norte do Paraná, composta por nove agricultores, totalizando uma área de 380 hectares de Latossolo Vermelho de textura argilosa, clima Subtropical Cfa (Köppen-Geiger) de altitude média de 730 m. Foi realizado um levantamento de dados a respeito dos produtores e das informações disponíveis na literatura a respeito da região. De acordo com as características específicas do ambiente desenvolveu-se indicadores específicos com o intuito de trazer informações a respeito do SPD que é aplicado nas propriedades e na região como um todo, a formar um novo IQP específico para tal. Foi calculado o coeficiente de variação (CV%) dos indicadores e comparados entre si, indicando a versão do IQP<sub>NPR</sub> o indicador portador do maior número de indicadores capazes de aferir com maior precisão os dados locais. Posteriormente foi aplicada uma análise de regressão comparando o IQP II atualmente aplicado pelos órgãos públicos com o IQP I e IQP<sub>NPR</sub>. As notas (de zero à dez) variaram de 5,25 a 8,07, sendo o indicador com menor pontuação geral o indicador de Persistência da Palhada, seguidos pelos indicadores relacionados à rotação de culturas. Por fim, uma breve análise socioeconômica da região identificou desequilíbrio entre os fatores ambientais, sociais e econômicos nas famílias mostrando ainda grande dependência do agricultor exclusivamente da agricultura e suas oscilações. Um questionário da visão do agricultor em relação ao índice demonstrou desconhecimento da parte do produtor rural em relação ao uso e aplicação do IQP na tomada de decisão e uma falha de comunicação relacionada a parte científica com a prática. Por fim, a metodologia IQP permitiu adequar os critérios à realidade em questão, confirmando se tratar de ferramenta flexível; Os pontos mais críticos foram Intensidade de Rotação, Diversidade da Rotação, Persistência da Palhada e Avaliação da Conservação, componentes dos pilares conceituais do SPD; É fundamental retorno aos produtores envolvidos dos resultados obtidos e as propostas, motivando-os a adotarem a ferramenta no apoio à gestão; Recomenda-se adotar um indicador socioeconômico no IQP para abranger os planos econômicos e sociais, além dos ambientais já contemplados.

**Palavras-chave:** Manejo; Agricultura Sustentável; Erosão.

GALENDE, Juliana. **Adaptation of participatory quality index of no-tillage to the north of Paraná (IQP)**. Defesa (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.

## ABSTRACT

The No-Till System (NTS) has economic, social and environmental function in the current agriculture in Brazil. Among its importance, environmental issues stand out, being considered synonymous of conservation agriculture by the FAO, encouraged and studied by several public and private institutions. If not handled correctly it can generate an effect contrary to the desired one, causing damage to soil, water and productivity, as can be observed in the North region of Paraná, the cradle region of the NTS. The objective of this work is to adapt the Participatory Index of NTS Quality (PIQ), initially developed for the West of Paraná, to the region of Londrina and discuss data and socioeconomic information of the properties. The analyzed microbasin is located in the municipality of Rolândia, in the metropolitan region of Londrina, in the north of the State of Paraná. It consists of nine farmers, totaling an area of 380 hectares of Red Latosol with a clayey texture, subtropical Cfa climate (Köppen-Geiger) and altitude of 730 m. Data were collected on the farmers and in the literature regarding the region. According to the characteristics of the environment, specific indicators have been developed with the purpose to give information about the NTS that is applied in the property and in the region as a whole, in order to form a new PIQ specific for this. The CV% of the indicators were calculated and compared to each other, indicating that the PIQ(NPR) version was the indicator with the highest number of indicators that could accurately measure the local data, after which a regression analysis was applied comparing the IQP II currently applied by the organs with IQP I and PIQ<sub>NPR</sub>. The scores (from zero to ten) ranged from 5.25 to 8.07, the indicator with the lowest overall score being the Persistence of straw indicator, followed by indicators related to crop rotation. Finally, a brief socioeconomic analysis of the region identified an imbalance between the environmental, social and economic factors in the families, showing a great dependence of the farmer exclusively on agriculture and its oscillations, and a questionnaire on the farmer's view of the index showed a lack of knowledge on the part of the farmer. rural producer in relation to the use and application of the IQP in decision making and a communication failure related to the scientific part with the practice. Finally, the IQP methodology allowed to adapt the criteria to the reality in question, confirming that it is a flexible tool; The most critical points were Rotation Intensity, Rotation Diversity, Reed Persistence and Conservation Assessment, components of the conceptual pillars of the SPD; It is essential to return to the producers involved the results obtained and the proposals, motivating them to adopt the tool in the management support; It is recommended to adopt a socioeconomic indicator in the IQP to cover the economic and social plans, in addition to the environmental ones already contemplated.

**Keywords:** Management; Sustainable Agriculture; Erosion.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - Bacia do Paraná 3 e as microbacias trabalhadas pelo programa de Qualidade do Sistema de Plantio Direto.....	19
<b>Figura 2</b> – Balanço Hídrico da Cidade de Londrina .....	31
<b>Figura 3</b> – Demarcação da microbacia localizada em Rolândia, Paraná, utilizada para a adaptação do IQP para o Norte do Paraná.....	31
<b>Figura 4</b> – Detalhamento da área de estudo.....	32
<b>Figuras 5 e 6</b> – Análise de regressão para o $IQP_{II} \times IQP_{NPR}$ e $IQP_{II} \times IQP_{I}$ .....	59

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Indicadores ( <i>li</i> ) e os respectivos fatores de ponderação ( <i>fi</i> ) que compõem o IQP .....	25
<b>Tabela 2</b> – Classificação das áreas sob Sistema de Plantio Direto de acordo com o índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto (IQP) .....	26
<b>Tabela 3</b> – Descrição dos Índices que compõem o IQP .....	28
<b>Tabela 4</b> – Dados de altitude, variação de altitude e comprimento de rampa do terreno estudado.....	33
<b>Tabela 5</b> – Resultado do indicador de Intensidade de Rotação pelo IQP I e IQP II..	35
<b>Tabela 6</b> – Resultado do indicador Diversidade de Rotação pelo IQP I e IQP II .....	38
<b>Tabela 7</b> – Resultado do indicador Persistência da Palhada pelo IQP I e IQP I.....	41
<b>Tabela 8</b> – Valores de FP e IEP pelo IQP I e IQP II.....	44
<b>Tabela 9</b> – Frequência de Transbordamento e resultado do indicador Terraceamento correto pelo IQP I e II .....	45
<b>Tabela 10</b> – Resultado do indicador Avaliação da Conservação pelo IQP I e IQP II..	49
<b>Tabela 11</b> – Resultado do indicador Histórico do Produtor pelo IQP I e IQP II .....	51
<b>Tabela 12</b> – Resultado do indicador Nutrição Equilibrada pelo IQP I e IQP II .....	53
<b>Tabela 13</b> – Descrição dos indicadores do IQP para o Norte do Paraná.....	55
<b>Tabela 14</b> – Indicadores ( <i>li</i> ) e os respectivos fatores de ponderação ( <i>fi</i> ) que compõem o IQP <sub>NPR</sub> .....	56
<b>Tabela 15</b> – Resultados do IQP <sub>NPR</sub> .....	56
<b>Tabela 16</b> – Coeficiente de variação dos indicadores de IQP I, IQP II e IQP <sub>NPR</sub> .....	57
<b>Tabela 17</b> – Comparação dos resultados dos dados dos mesmos produtores rodados em diferentes verções do IQP (I, II e NPR) .....	59
<b>Tabela 18</b> – Resposta de oito produtores em relação ao IQP .....	60
<b>Tabela 19</b> – Resultados do questionário socioeconômico de oito produtores .....	66

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Critérios de avaliação do indicador Frequência de Preparo pelo IQP II.	44
<b>Quadro 2</b> – Critérios de avaliação do indicador Frequência de Preparo proposto para o IQP Norte do Paraná (IQP <sub>NPR</sub> ) .....	45
<b>Quadro 3</b> – Critérios de avaliação do indicador Terraceamento Correto proposta para o IQP <sub>NPR</sub> .....	48
<b>Quadro 4</b> – Comparação entre os métodos de avaliação do indicador AC entre IQP I e IQP II .....	49
<b>Quadro 5</b> – Comparação entre o método de avaliação do indicador NE entre IQP I e IQP II .....	53

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC	Avaliação da Conservação
ATER	Assistência Técnica e Extensão Rural
BN	Balanço de Nutrientes
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
C	Carbono
CAAPAS	<i>Confederacion de Asociaciones Americanas para la Agropecuaria Sustentable</i>
CD	Número efetivo de espécies presente na rotação
CM	Cultivo Mínimo
CR	Rotação de Culturas tremoço branco – milho – aveia preta – soja – trigo – soja – trigo – soja
CS	Sucessão de Culturas trigo – soja
CV%	Coeficiente de Variação
DR	Diversidade de Rotação
DRRP	Diagnóstico Rural Rápido Participativo
EMAP	<i>Environmental Protection Agency</i>
FAO	Organizações Unidas Para a Alimentação e a Agricultura
FEBRAPDP	Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação
<i>fi</i>	Fatores de ponderação
FP	Frequência de Preparo
FT	Frequência de transbordo do terraço nos últimos cinco anos
GEE	Gases do Efeito Estufa
GR	Número de culturas que são gramíneas
HC	Histórico de Comprometimento do Produtor
IAC	Instituto Agronômico de Campinas
IEP	Intervalo sem preparo efetivo do solo
IGP	Índice Geral de Preços
INi	Indicadores de Nutrição
INRA	<i>Institut National de la Recherche Agronomique</i>
IQP I	Primeira versão do IQP
IQP II	Segunda versão do IQP

IQP	Índice Participativo de Qualidade de Plantio Direto
IQP <sub>NPR</sub>	IQP para o Norte do Paraná
IR	Intensidade de Rotação
<i>li</i>	Indicadores
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MF	Manejo de Fertilizantes
MIP	Manejo Integrado de Pragas
MO	Matéria Orgânica
NC	Número de culturas implantadas em três anos (exceto pousio)
NE	Nutrição Equilibrada
OECD	<i>Organization for Economics Cooperation ans Developement</i>
PC	Plantio Convencional
PD	Plantio Direto
PR	Persistência dos Resíduos
SC	Sistema Convencional
SPD	Sistema de Plantio direto
T	Tempo praticando o SPD
TBL	<i>Model triple bottomline</i>
TC	Terraceamento Correto
TIB	Taxa de Infiltração básica
URTs	Unidade de Referência Tecnológica
WCED	<i>World Comission on Environment and Development</i>

## ANEXOS

<b>Anexo 1</b> – Quadro de pluviosidade mensal dos anos de 2013 a 2017.....	80
<b>Anexo 2</b> – Questionário do IQP II aplicado na Bacia do Paraná III e utilizado para coleta de dados com os agricultores na Microbacia de Rolândia.....	81
<b>Anexo 3</b> – Questionário sobre a visão do agricultor a em relação ao IQP.....	82
<b>Anexo 4</b> – Questionário socioeconômico aplicado em janeiro de 2018 para os agricultores da Microbacia de Rolândia.....	83

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 AGRICULTURA CONSERVACIONISTA .....	3
2.2 SISTEMA PLANTIO DIRETO: VANTAGENS E PROBLEMAS .....	6
2.3 INDICADORES.....	13
2.4 ÍNDICE DE QUALIDADE PARTICIPATIVO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO (IQP).....	17
2.4.1 Intensidade de Rotação (IR).....	20
2.4.2 Diversidade de Rotação (DR).....	21
2.4.3 Persistência da Palhada (PR).....	21
2.4.4 Frequência de Preparo do Solo (FP).....	22
2.4.5 Terraceamento Correto (TC).....	23
2.4.6 Avaliação da Conservação (AC).....	23
2.4.7 Nutrição Equilibrada (NE).....	24
2.4.8 Histórico do Produtor (HC).....	24
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>30</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>35</b>
4.1 ROTAÇÃO DE CULTURAS.....	35
4.1.1 Intensidade de Rotação (IR).....	35
4.1.2 Diversidade de Rotação (PR).....	38
4.1.3 Persistência da Palhada (PR).....	41
4.2 PREPARO DO SOLO .....	43
4.2.1 Frequência de Preparo (FP).....	43
4.3 CONSERVAÇÃO DE SOLO.....	45
4.3.1 Terraceamento Correto (TC).....	45
4.3.2 Avaliação da Conservação (AC).....	48
4.4 HISTÓRICO DA ÁREA.....	51
4.4.1 Histórico do Produtor (HC).....	51
4.5 NUTRIÇÃO DO SOLO E DA PLANTA .....	52
4.5.1 Nutrição Equilibrada (NE).....	52

4.5 BREVE ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DO IQP E DA REGIÃO.....	62
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>68</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>69</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>80</b>



## INTRODUÇÃO

O conceito de agricultura sustentável refere-se a uma agricultura na qual leve-se em conta as questões ambientais, econômicas e sociais do agroecossistema, buscando um equilíbrio entre os três pontos. No mundo há exemplos de programas a longo prazo, com políticas públicas voltadas à manutenção do meio ambiente.

No Brasil, os anos de 1990 foram marcantes na conscientização e incentivo à busca por adoção de políticas de conservação de solo e água, acarretando no aumento de pesquisas e práticas relacionadas às novas formas de manejos de solo que o agredissem menos. Houve alguns incentivos públicos e privados para tais práticas, das quais se destaca o Sistema Plantio Direto (SPD).

Considera-se que o SPD é amplamente aplicado no Brasil e foi de suma importância social e econômica, já que consolidou a atividade agropecuária brasileira, permitindo que todas as demais tecnologias agronômicas aplicadas se manifestassem com amplo potencial, associado às questões de cunho ambiental. Muitas foram as vantagens constatadas desde sua adoção inicial no Brasil, em 1972, entre elas a diminuição de gastos com operações de preparo do solo, a economia de tempo, redução no uso de insumos químicos e a possibilidade de se fazer três safras por ano. Porém, nota-se que, frequentemente o sistema vem sendo aplicado de forma incompleta ou errônea pelos produtores, trazendo malefícios, ao invés dos benefícios visados.

A não adoção dos princípios básicos do SPD pode acarretar sérios danos ao ambiente, como perda de solo por erosão, contaminação dos afluentes, compactação da superfície, e para os produtores como aumento do custo da produção e diminuição da rentabilidade das safras.

No intuito de informar e auxiliar os produtores a tomarem melhores decisões baseadas em informações técnicas e científicas, foi desenvolvido pela Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação para o oeste do Paraná o Índice Participativo de Qualidade de Plantio Direto (IQP), composto por oito indicadores, subdivididos em

cinco grupos de acordo com sua utilidade. A primeira versão, lançada em 2011, foi posteriormente adaptada com o intuito de tornar mais simples a coleta de dados e a avaliação, sem perder o nível de segurança e eficiência proposto pelo primeiro modelo.

O Norte do Paraná demonstra necessidade de atenção em relação ao manejo nas áreas cultivadas, visto que, o local é considerado berço do SPD no Brasil e vem apresentando sinais de erosão e problemas com compactação. Vale ressaltar também sua importância econômica para o estado e o país devido a significativa produção de grãos, principalmente quando se trata da cultura da Soja (*Glycine max*) e do Milho (*Zea mays*), sendo o segundo estado de maior produção do Brasil segundo a CONAB 2018??? na safra 2016/2017, e grande empregador do Sistema Plantio Direto.

Assim, o objetivo do trabalho foi adaptar o IQP para os parâmetros do Norte do Paraná, identificar e discutir os gargalos do SPD na região, propor soluções, de forma a auxiliar tanto a comunidade científica quanto os agricultores, servindo como uma das ferramentas para auxílio na tomada de decisões.

O segundo objetivo a ser abordado foi sobre a abrangência sustentável do índice, trazendo uma discussão a respeito da região associando os dados históricos dos produtores com dados coletados sobre a parte socioeconômica, afim de traçar o cenário sustentável contemplando os três planos.

## REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 AGRICULTURA CONSERVACIONISTA

No fim da Segunda Guerra Mundial os países se dividiam entre os que apoiavam o comunismo, liderado pela União Soviética, e os capitalistas, cujo representante de maior peso e influência eram os Estados Unidos da América. Os demais países, com o tempo, eram pressionados a se posicionar a favor de um dos lados. Os países que apoiaram ao capitalismo tiveram mudanças e reestruturação em sua formação política, influenciando na forma de comércio, exportação, importação dentre outros, mudanças estas que refletiram diretamente na agricultura (DE ANDRADES; GANIMI, 2007).

Moreira (2000) fala de “Pacotes Tecnológicos” que marcaram esta fase, dos quais prometiam revolucionar a agricultura, estes traziam genética com alta tecnologia e maior produtividade, fitossanitários eficientes para combater pragas, doenças e plantas invasoras e assegurar a alta produtividade. Este modelo industrial-produtivista, porém, apropriava-se dos recursos naturais, incluindo os não renováveis de forma inconsciente e inapropriada, sem levar em conta as consequências a médio e longo prazo.

Este formato de agricultura chegou ao Brasil nos anos de 1960 e 1970, com a abertura do mercado, trazendo a promessa de maior lucro ao produtor, possibilidade de crescimento e disponibilidade de alimentos para a população mundial que aumentava em ritmo acelerado. A princípio, foi o que de fato ocorreu, suportados pelos programas de financiamento do governo, que subsidiava e financiava com taxas favoráveis a adesão das novas tecnologias, dando base ao grande aumento de produtividade. Tais tecnologias incluíam maquinário novo, os pacotes tecnológicos, inseticidas, herbicidas e fungicidas e adesão de sementes com alto potencial genético, transformando assim também o perfil da agricultura brasileira, da qual passou a ser voltada mais a produtos de exportação e não mais de subsistência, o que acarretou no plantio de grandes áreas de monocultura (MOREIRA, 2000).

Contudo, nos anos 80, a crise do petróleo afetou o Brasil e, como consequência, houve a diminuição dos subsídios do governo, aumento das taxas de

juros e aumento dos custos deste formato de agricultura. Além disso, as terras tornaram-se menos produtivas devido à monocultura e uso indiscriminado do solo, fazendo o sistema sempre dependente de aporte externo de energia (DE ANDRADES; GANIMI, 2007).

O incremento no uso de insumos, mecanização, expansão de monocultivos e a falta de cuidados e atenção com o meio utilizado levou a degradação de grandes superfícies. A utilização de áreas não aptas, ou acima de sua capacidade de suporte, agravaram os problemas com erosão e contaminação de solos e águas com adubos nitrogenados, fitossanitários e assoreamento de rios e nascentes (FERRAZ, 2003).

Esta forma de produção levou a degradação rápida e alarmante do meio ambiente e social a ponto de tornar o sistema insustentável (GUZMAN, 2000). A falta de visão entre produtividade e estabilidade de ecossistemas tropicais, tal como a aceitação internacional e difusão do conceito de sustentabilidade, levou ao início de pesquisas agropecuárias que propunham novos modelos, de forma que fossem sustentáveis para a agricultura (FERRAZ, 2003).

Para Paterniani (2001) o problema da decadência do modelo proposto pela Revolução Verde não era a monetização da natureza nem o descaso com tal, e sim o fato de o Brasil ainda utilizar uma agricultura importada dos moldes europeus e americanos, cujo clima caracteriza-se como temperado, com invernos severos e neve, acarretando na necessidade de gradear e arar o solo. Tais pacotes foram trazidos ao Brasil sem as necessárias modificações estruturais na forma de fazer agricultura para um país tropical. Movidos pelo mesmo cenário indicado pelos autores de maior cunho ambientalista, porém, acreditando que é possível fazer uma agricultura que não recorra 100% à agricultura orgânica, o autor cita diferentes alternativas que juntas podem promover uma agricultura considerada sustentável, entre elas estão o Manejo Integrado de Pragas (MIP), nutrição de plantas e fertilização calculada corretamente por meio de análises, e o Sistema de Plantio Direto (SPD).

Muitos autores discutiram sobre o conceito de sustentabilidade (GUTMAN, 1994; SEVILLA GUZMAN, 2000; ORTEGA, 1997; DE CAMINO; MULLER, 1993; REDCLIFT, 1987; GOODMAN, 1991), sendo dois deles os principais e mais visados. O primeiro é dado pela *World Commission on Environment and Development* (WCED),

onde alcançar o desenvolvimento sustentável consta em atender às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atender à suas próprias necessidades (WCED, 1987). O segundo é descrito por Marques, Skorupa e Ferraz (2003) como o equilíbrio entre três pontos, o ambiental, o social e o econômico. Portanto, para um sistema ser considerado sustentável ele deve ser voltado para as questões de preservação ambiental, sem se esquecer das questões de máxima equidade de oportunidades aos membros da sociedade e de forma que haja rentabilidade.

Gutman (1994) ressalta este ponto citado principalmente para países periféricos, onde o maior desafio voltado para a agronomia é de fazer o uso racional do ambiente do atual momento e enfrentar os problemas da pobreza e desigualdade. Além disso, países tropicais e em desenvolvimentos destacam-se como vulneráveis a mudanças climáticas comparado aos demais países, concebendo ao setor agrícola uma necessidade ainda maior de garantir a produção de alimentos a longo prazo e de forma sustentável, assegurando a possibilidade de manter a utilização da terra e produtividades suficientes por gerações (AMARAL; CORDEIRO; GALERANI, 2011). A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) trata o SPD e agricultura conservacionista como sinônimos, caracterizados por seus três pilares, sendo eles: a cobertura permanente, ausência de revolvimento do solo e rotação de culturas (FAO, 2015).

Existem diversas abordagens econômicas que tratam das questões ambientais e avaliadoras da sustentabilidade dos ecossistemas, porém, há duas mais relevantes e mais discutidas pela literatura, a Economia Neoclássica (TIETENBERG, 1994) e a Economia Ecológica (ALIER; JUSMET, 2000). A Economia Neoclássica, que propõe um ajuste no modelo atual de mercado e a Economia Ecológica, a qual discute profundas mudanças estruturais comparadas ao modelo econômico atual.

A Economia Neoclássica é a mais desenvolvida e adaptável em relação ao modelo anterior. Ela propõe que para produzir certo produto, deve-se levar em conta o preço das questões ambientais, sendo esta a melhor forma de indicar a importância relativa dos efeitos nocivos do desenvolvimento econômico, e também, para expressar a disposição da sociedade em pagar para amenizar os danos causados (SEVILLA, 2000). Um exemplo claro e aplicável são os de créditos de carbono, onde

as empresas industriais poluentes possuem uma cota de floresta ou área reflorestada obrigatória e a aquisição desta pode se dar pela compra de créditos de carbono que por sua vez, se tornou uma espécie de moeda de troca na bolsa de valores, sendo assim, um exemplo de capitalização do meio ambiente. Mas por outro lado, uma forma de obrigar e incentivar a reparação ambiental dos danos causados pelas unidades industriais (REZENDE; DALMÁCIO; RIBEIRO, 2012).

O lado negativo desta forma econômica é que o modelo proposto não leva em conta os recursos não-renováveis e a perda de biodiversidade, elementos biologicamente impossíveis de serem repostos. Desta forma, Gutman (1994) diz ser impossível reduzir a heterogeneidade do ambiente em uma valoração monetária, porém, é preferível esta forma de pensamento do que qualquer outra que não leve em conta as questões de sustentabilidade, sendo considerado um modelo meio termo, que atende parcialmente as demandas de ambos os lados, o ambientalista e o capitalista industrial.

Marouelli (2003) concilia a tecnologia a favor de novas práticas sustentáveis, ressaltando que, se feita com consciência, com o nível de pressão da demanda não sendo maior que a capacidade de regeneração do solo, torna-se viável a exploração sustentável mesmo em condições tecnológicas rudimentares. Neste caso, é uma vantagem ter acesso a tecnologias, pois esta permite maior flexibilidade quanto à intensidade da exploração e a restrição ecológica, sendo usada a favor da agricultura sustentável, e não o contrário.

## 2.2. SISTEMA DE PLANTIO DIRETO: VANTAGENS E PROBLEMAS

O SPD foi desenvolvido nos Estados Unidos por Shirley Phillips e seu parceiro agricultor Harry Young, ganhando forças no ano de 1972 no Brasil por meio do agricultor Herbert Bartz, quando constatou a necessidade de mudanças no método tradicional de semeadura devido a grandes perdas de solo pela chuva, no município de Rolândia, localizado do Norte do Paraná (LANDERS, 2005).

Desde então a expansão da adoção da prática se deu de forma mais lenta dos anos de 1972 a 1991, passando de 100 ha para dois milhões de ha, número

relativamente pequeno se comparado com o período de 1992 a 2011, quando avançou de 2 milhões para 32 milhões de ha em 2014, sendo o equivalente a 86,25% da área total plantada no Brasil (FEBRAPDP, 2014).

Cunha (1993) trata o SPD no cerrado brasileiro como um efeito colateral desejável de uma tecnologia adotada com o propósito de reduzir custos, sendo este um pré-requisito que as novas tecnologias daquele período precisavam satisfazer, ser economicamente rentável e atender às demandas de sustentabilidade.

Bayer (2004) ressalta o aumento dos estoques de carbono orgânico total na camada superficial do solo de zero a 0,20 m em SPD comparado por seis anos com o mesmo sistema de rotação em um Sistema Convencional (SC). O armazenamento de carbono (C) preferencialmente na fração lábil da matéria orgânica (MO) do solo representa um benefício ambiental cuja manutenção depende fundamentalmente da continuidade do plantio direto e do contínuo aporte de resíduos vegetais.

Diversas foram as vantagens constatadas, seja para o produtor ou para a sociedade, entre elas, a redução do tempo de trabalho, que modificou a dinâmica familiar, possibilitando que este período livre fosse empregado em outras atividades agregadoras, tornando o ambiente familiar mais salubre e agradável. Indiretamente, essas famílias passaram a ter uma função econômica na sociedade (LANDERS, 2005; BARTZ et al., 2012). A economia de tempo possibilitou também até três safras no ano via consórcios e o incentivo da rotação de culturas (KASSAM et al., 2009; BOLLINGER et al., 2006).

A cobertura permanente protege o solo do impacto das gotas de chuva e, quando conduzida corretamente, reduz o escoamento superficial excessivo e a erosão. Além destes, o uso adequado da cobertura proporciona outros benefícios como a redução da perda de umidade do solo para a atmosfera e da amplitude térmica do solo. Serve também como amortecedor ao peso de maquinários e animais, suavizando os efeitos da compactação; dificulta a germinação de plantas invasoras; proporciona ambiente favorável ao desenvolvimento da fauna e flora do solo; aporta matéria orgânica e nutrientes ao solo (BOLLINGER et al., 2006; CALEGARI et al., 2006).

Rodrigues (2005) considera que o principal benefício advindo do SPD é a preservação do meio ambiente. As vantagens vão além dos mecanismos de controle de erosão, ressaltando-se a preservação da estrutura do solo pelo efeito dos variados sistemas radiculares, como consequência a ampliação da capacidade de infiltração de água no solo, a redução das perdas de água em quantidade e em qualidade e, o aumento da profundidade de solo explorado pelas raízes das plantas. A intensa produção vegetal na região arável eleva aos níveis de extração de Carbono (C) da atmosfera pelas culturas e sua fixação na área desejada em forma de matéria orgânica e, algumas vezes, em níveis superiores aos da vegetação nativa (AMADO et al., 2001; CORAZZA et al., 1999). Outros benefícios ambientais resultantes da adoção do SPD são a redução do assoreamento, da eutrofização e da contaminação das águas com produtos fitossanitários (DUMANSKI; PEIRETTI, 2013).

A Agricultura Conservacionista identifica a importância dos 0,20 m superficiais do solo, sendo a camada mais ativa e também a mais vulnerável à erosão e à degradação. A maior parte das funções e serviços essenciais para a manutenção da vida terrestre se concentram na micro, meso e macrofauna e flora que vivem, interagem e concentram-se nesta camada, a qual é influenciada e impactada diretamente pelo manejo de SPD. Portanto, ao precaver e proteger essa camada crítica, asseguram-se a saúde, vitalidade e sustentabilidade da agricultura (DUMANSKI; PEIRETTI, 2013).

Um experimento realizado na Embrapa Soja em um período de três décadas em Londrina, Paraná, teve início na safra de verão de 1988/1989, objetivou avaliar os efeitos de diferentes sistemas de manejo sobre o rendimento de grão de soja, milho e trigo em um sistema com 23 anos estabelecido em um Latossolo Vermelho Eutroférico. Foi utilizado três preparos de solo, o Plantio direto (PD), semeado diretamente sobre os solo não trabalhado, através dos resíduos da cultura anterior; Cultivo Mínimo, com escarificação a cada três anos no inverno (CM); e Preparo Convencional (PC), cujo processo utiliza um arado de disco com profundidade média de 0,20 m, seguido de uma grade, com trabalho em profundidade de 0,08 m, procedendo as culturas de verão e as culturas de inverno Cada tratamento era aplicado a dois sistemas de cultivo. O primeiro composto de uma sucessão de Trigo (*Triticum aestivum* L.) no inverno e Soja (*Glycine max* (L) Merr) no verão (CS) e o segundo por uma rotação de culturas de quatro anos seguidos pelas seguintes



espécies no inverno-verão: Tremoço branco (*Lupinus albus* L.) – Milho (*Zea mais* L.); Aveia preta (*Avena strigosa* Schreb.) – Soja; Trigo soja; Trigo – Soja (CR) (FRANCHINI et al., 2012).

O trabalho evidenciou a existência de uma fase de adaptação do SPD, fase esta que dura aproximadamente seis anos, onde a produtividade da cultura nesse sistema tende a ser menor ou igual a do Plantio Convencional (PC) até os quatro anos, e superior a partir dos seis, resultados estes encontrados também por McGregor et al. (2006) e Fontoura e Bayer (2008). Esta fase é necessária para que ocorra o aumento do Carbono Orgânico no solo, estabilidade da micro e macrofauna e reestruturação do solo (FRANCHINI et al., 2012). Pereira Neto et al. (2007) fez análises de perfis culturais em um Latossolo Vermelho Amarelo em Rio Verde, Goiás, onde foi encontrado áreas com mais de nove anos de implantação com estruturas assemelhando-se à florestas, já os de oito anos de implantação ou menos se assemelhavam mais à estruturas de um PC.

Ainda no trabalho de Franchini et al. (2012), destaca-se a importância da rotação de culturas em conjunto com os demais itens que baseiam o SPD, havendo diferença a longo prazo dentre os CS e o CR no SPD, sendo maior a produtividade no tratamento CS, principalmente em anos de déficit hídrico. Explicação esta também ligada à melhor estruturação do solo, que resulta em formação e estabilização de agregados do solo, redução da densidade do solo, maior retenção de água do solo, aumento da capacidade de troca de cátions e disponibilidade de nutrientes, redução da atividade de elementos minerais tóxicos, como o alumínio e o aumento das quantidades, diversidade e atividade da biota do solo (BHATTACHARYYA et al., 2009; JARECKI et al., 2005; RAWLS et al., 2003; SÁ et al., 2009; FRANCHINI et al., 2001; PEREIRA et al., 2007 *apud* FRANCHINI et al, 2012).

Por outro lado, apesar de todos os benefícios, Bolliger et al. (2006) faz uma análise ampla do SPD no Brasil, concluindo que a maioria dos agricultores brasileiros não praticam o modelo ideal do método inicialmente proposto, sendo de qualidade inferior conforme a menor disponibilidade de recursos. Motivos dos quais variam entre situação socioeconômica, cognitiva e biofísica dos agricultores, envolvendo incapacidade de custear culturas de cobertura ou fitossanitários apropriados, necessidade de preparo eventual para a incorporação do calcário ou a dificuldade de

conter a pressão de plantas espontâneas e, a necessidade de uso da terra apenas para culturas rentáveis de retorno significativo economicamente para a família responsável.

Nota-se no estado do Paraná uma falha na adoção destes três princípios básicos com o descumprimento de, ao menos, um deles e a implantação de forma incompleta ou errônea dos princípios, acarretando em danos ao solo e ao meio onde aplicado (ROLOFF et al., 2011).

Tavares Filho e Rinschede (2009) fizeram um levantamento na região de Londrina, Cambé, Rolândia, Ibiporã e Sertanópolis, das quais fazem parte do Norte do Paraná e possuem atividades agrícolas de grande importância para o local. Os autores levantaram dados acerca do interesse pela conservação do solo e água dos agricultores. Ao se tratar da utilização de terraços agrícolas em áreas com SPD, apenas 12,3% dizem achar necessário, contra 87,7% não acreditar na relevância desta prática caso a área cumpra os requisitos básicos do SPD. Nota-se que nas áreas onde foram retirados os terraços após a mudança de manejo houve retorno de erosão.

Um trabalho conduzido no Oeste do Paraná, mais especificamente na Bacia do Paraná 3, aponta a rotação de culturas como o fundamento mais negligenciado do SPD, devido a demanda do mercado, não tornando viável muitas vezes aplicar a rotação com culturas alternativas das quais não é rentável por falta de mercado consumidor e logística, afetando assim as ações e planejamentos de médio e longo prazo (NUNES, 2017).

Outro problema discutido como consequência da adoção do método é a compactação do solo, a qual vem sendo constatada na camada superficial em SPD. Segundo Tormena et al. (1998), no plantio direto a movimentação do solo é restrita à linha de semeadura, mas a ocorrência sistemática do tráfego causa compactação na camada superficial do solo. Streck et al. (2004) encontrou maior influência de compactação nas camadas de 0,08 a 0,15 m em um Argissolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob SPD. Compactação essa que é explicada pelo não revolvimento do solo e pelo tráfego de máquinas na área, concentrando seu peso na superfície. Entretanto, em áreas de PC, a camada mais compacta é encontrada em maior profundidade,

chamada de “pé-de-grade”, causado pelo trabalho do implemento de preparo do solo a uma mesma profundidade e agravado quando o preparo é realizado com umidade inadequada (ALVES; SUZUKI, 2004).

O peso das máquinas de SPD são elevados, este não foi acompanhado por um aumento proporcional do tamanho e largura dos pneus, o que pode acarretar em alterações significativas nas propriedades físicas do solo. O pneu utilizado nos tratores e colhedoras possui as partes laterais muito rígidas, denominados pneus de banda diagonal. Rigidez esta, que impede o pneu de se moldar no solo de acordo com as irregularidades do terreno, por consequência, sua área de contato fica reduzida, aumentando a pressão na superfície (SILVA et al., 2000; STRECK et al., 2004). A compactação não é causada apenas pela pressão estática, mas também pelas forças dinâmicas que causam a vibração dos tratores que arrastam implementos e pelo patinamento (SEGANFREDO et al., 1997; BERTOL et al., 1997).

Quando a taxa de infiltração é inferior à intensidade das chuvas, ocorre o escoamento superficial. Tal condição é facilitada caso o solo analisado esteja sujeito a compactação e com cobertura de solo variável durante o ano agrícola, o que é muito comum em culturas comerciais em SPD (MACHADO, 1976). Segundo Kassam et al. (2009), um solo manejado nos critérios determinados para a agricultura conservacionista deve proporcionar propriedades semelhantes ao de um solo de mesma unidade taxonômica sob floresta, portanto, o solo deve propiciar taxas de infiltração que, com alta frequência, excedem a intensidade das chuvas, promovendo a infiltração adjacentes à quantidade de água das precipitações modais. Todavia, culturas comerciais manejadas em SPD têm apresentado taxas de infiltração de 30% a 90% menores que na condição sob floresta (MACHADO, 1976; LUCIANO et al., 2010).

A maior parte dos relatos de Taxa de Infiltração Básica (TIB) encontrados na literatura não passam de  $50 \text{ mm h}^{-1}$ , variando de taxas inferiores a  $20$  a  $49 \text{ mm h}^{-1}$  em Latossolos, sendo estes medidos com Simulador de Chuva, Anéis Concêntricos e Anéis concêntricos 1 (BARCELOS; CASSOL; DENARDIN, 1999; ALVES SOBRINHO et al., 2003; PANACHUKI et al., 1999; VIEIRA; KLEIN, 2007). Luciano et al. (2010), Braidá e Cassol (1999) também encontraram respectivamente valores de  $2$  a  $8 \text{ mm h}^{-1}$  em Cambissolos e de  $10$  a  $30 \text{ mm h}^{-1}$  em Argissolos, todos encontrados no território

do Paraná. Estas condições se agravam quando aliadas a menor cobertura de solo, diminuindo ainda mais a qualidade do SPD (ROLOFF et al, 2011).

O escoamento superficial, quando ocorre em SPD, não causam erosão excessiva se as encostas possuírem rampas curtas, de modo a evitar a concentração da energia que causa este fenômeno. Porém, em um cenário típico de latossolos, as rampas são longas e as partes baixas das glebas podem chegar a áreas de captação de dezenas de hectares. Neste caso, mesmo taxas de escoamento relativamente pequenas podem gerar erosão do solo em partes localizadas da encosta, devido à concentração de energia suficiente para causar a remoção da palha (BERTOL; COGO; LEVIEN, 1997). Além da erosão, qualquer quantidade mínima do fenômeno pode carrear contaminantes advindos da gleba, como resíduos de fitossanitários e principalmente, fósforo solúvel, uma vez que o SPD aumenta a concentração e proporção das frações lábeis deste nutriente na superfície do solo (RHEINHEIMER; ANGHINONI, 2001; TOKURA et al., 2002).

O fato da utilização incorreta do SPD vem se ampliando nos últimos anos, devido, sobretudo, à ausência de políticas de médio e longo prazo, que valorizem a adoção de técnicas conservacionistas levando os agricultores a priorizar resultados econômicos imediatos, em detrimento dos princípios basilares do SPD e da agricultura conservacionista (RALISCH et al, 2010; PEREIRA NETO et al, 2007).

Baseado nos argumentos de ineficiência da aplicação do método, Roloff, Lutz e Mello (2011) propõem um quarto pilar como base do SPD, sendo ele a gestão dos fatores controladores do escoamento superficial visando a sua minimização, em outras palavras, a gestão do escoamento superficial. Isso poderia ser feito por meio de estruturas de retenção de água, como por exemplo terraços em nível, barreiras verdes, rotações que maximizem a taxa de infiltração da lavoura ou combinações destas práticas. Levando-se em conta este quarto pilar, o grau de qualidade e funcionalidade do SPD aumenta, englobando um maior número de benefícios.

### 2.3. INDICADORES

Os indicadores surgiram como uma necessidade, devido a ampla dimensão atingida pelas preocupações com impactos ambientais. A incorporação dos conceitos de sustentabilidade ocorreu em diversos ramos da sociedade, como nos executivos empresariais, na política, na forma de alimentação, na sociedade em geral. Porém, para definir nível de viabilidade de tal sistema ou produto, quantifica-lo e qualifica-lo, é necessário um indicador que fale por si só a situação atual do objeto de estudo, seu nível crítico e seu nível ideal, isso tudo de forma confiável. Para isso, são desenvolvidos diversos indicadores (FERRAZ, 2003).

Pessoa et al. (2000) ressaltam que não existem indicadores “universais”, desta forma, eles dependem de uma série de fatores específicos de cada sistema, variando de acordo com suas categorias e elementos específicos, portanto, cada ambiente terá seu próprio conjunto de indicadores, o que gera a necessidade de utilizar um indicador apenas em locais com as mesmas características que as descritas em seu ambiente de criação, ou adaptar o índice com embasamento nas características do novo local.

Para o desenvolvimento de um indicador é necessário seguir uma série de etapas que ajudam a definir o sistema e o que é de maior relevância na hora da avaliação. O primeiro ponto principal é sempre dar preferência a indicadores eficientes, de forma que cumpra as condições necessárias, sendo sensíveis e com boa base estatística, paralelamente, não deve ser exaustivo, de modo que facilite a interpretação e não seja de difícil aplicação (FERRAZ, 2003).

Os Indicadores de sustentabilidade de um agroecossistema devem refletir as modificações nos atributos de produtividade, resiliência, equidade e estabilidade. Como critério geral, o indicador deve ser capaz de sinalizar a existência de uma degradação no sistema e também advertir sobre o risco de perturbações potenciais. (FERRAZ, 2003).

Na escolha do conjunto de indicadores deve ser levado em conta as condições agroecológicas e socioeconômicas presentes em cada região, o perfil do usuário final das informações (agricultores/pesquisadores), a disponibilidade de informações existentes e os cultivos envolvidos na geração de novos dados. Deve-se definir níveis

máximos e mínimos para cada indicador individual, bem como, atribuir a cada um, pesos em casos de índices ou indicadores compostos de acordo com o nível de importância de cada descritor (MANSFIELD, 1975; LAL, 1991).

O nível crítico de cada indicador é o limite considerável tolerado, além do qual o sistema é gravemente prejudicado. O espaço entre o limite crítico e o ideal é a faixa na qual a degradação existe, porém, pode ser revertida. Caso se encontre abaixo do nível críticos, os danos gerados por aquele atual sistema são irreversíveis. O sistema pode melhorar, mas arcando com as consequências daquele momento (MANSFIELD, 1975; LAL, 1991).

Os indicadores de sustentabilidade devem ser capazes de monitorar as três dimensões que envolvem a definição de tal, sendo deles a dimensão ecológica (qualidade do meio ambiente), econômica (rentabilidade) e social (equidade). A utilização agregada de dois ou mais indicadores é chamada de índice. Vários países vêm apresentando programas apoiados em indicadores e índices, como é o exemplo do Índice de Qualidade Participativo do Sistema Plantio Direto (IQP), abordado no presente trabalho (PESSOA et al., 2003).

Bockstaller et al. (2012) distingue os indicadores em 3 grupos: o primeiro agrupa os indicadores simples, o segundo são obtidos diretamente sobre medições e coleta de dados no terreno e o terceiro tipo são os preditivos, baseados em uma função estimativa, modelos operacionais com número reduzido de variáveis acessíveis ou modelos complexos a base mecanicista.

Os indicadores simples são baseados em uma variável ou uma combinação matemática simples de variáveis de prática, normalmente com uma proporção ou um equilíbrio, por exemplo, os indicadores do IQP, como o Indicador de Intensidade de Rotação (IR) que é a razão do número de culturas possíveis em três anos (nove) e o número de culturas utilizado na área em três anos. Sua estrutura é simples, o que permite uma viabilidade maior de utilização, porém pode dar abertura a falhas. Recomenda-se sua utilização em conjunto com mais indicadores ou dados, isoladamente não é o suficiente para gerar uma visão ampla do cenário a ser analisado (BOCKSTALLER et al., 2008).

$$IR = NC/9$$

Onde:

IR = Indicador de Intensidade de Rotação de Culturas

NC = Número de culturas implantadas em três anos (exceto pousio)

Fonte: FEBRAPDP, 2012.

O segundo tipo de indicador diz respeito a medidas diretas no terreno, contendo um nível de confiança médio. Para que os dados sejam confiáveis, a coleta deve ser feita de forma correta e precisa. Estes podem dar uma imagem suficientemente exata da situação, mas, são igualmente trabalhosos e caros para serem feitos, apresentando certo número de inconvenientes ligados às dificuldades de metodologia, como impossibilidade de medida ou razões práticas como tempo e custo. Em todo caso, eles só não permitem traçar diretamente as causas, assim como o anterior, dos quais são necessárias medidas complementares mais específicas (BOCKSTALLER et al., 2008). Exemplo: Método do Perfil Cultural adaptado para solos tropicais, descrito por Tavares Filho et al. (1999) e é amplamente utilizado nos dias de hoje. Uma aplicação interessante do método é nas validações de índices, ao comparar uma provável nota com o que se encontra no terreno efetivamente. Este método consiste em abertura de trincheiras perpendiculares e longitudinalmente em relação ao trabalho do maquinário no solo, permitindo assim, que as estruturas físicas daquele solo sejam vistas e analisadas na prática.

Por fim, os indicadores preditivos, no qual é baseado em uma função estimativa, sendo eles modelos operacionais a número reduzido de variáveis ou modelos complexos à base mecânica. Esta categoria abrange uma grande diversidade de indicadores a diferentes níveis de complexidade, desde coeficientes de emissão utilizados na Análise de Ciclo de Vida a indicadores baseados em modelos de simulação mecânica. Eles permitem relacionar a variabilidade de entrada apresentando as causas (BOCKSTALLER et al., 2013).

Um exemplo é o INDIGO®, índice desenvolvido no *Institut National de la Recherche Agronomique* (INRA), em Colmar, na França. Ele consiste em avaliar os impactos das práticas agrícolas sobre o meio ambiente, onde é composto por oito indicadores complexos: Rotação de Culturas, Sucessão Cultural, Matéria Orgânica,

Fósforo, Nitrogênio, Produtos fitossanitários, Irrigação e Energia. O desenvolvimento de tais indicadores utiliza a lógica turva (ou *fuzzy*) e árvores de decisões (GIRARDIN, 2006)

A utilização de indicadores preditivos é uma alternativa aos indicadores de medida, permitindo a estimativa de valores sem a necessidade de intensa coleta de dados. O inconveniente deste método é o fato de envolver sistemas matemáticos complexos, perdendo quase toda a praticidade do método (BOCKSTALLER et al., 2013; GALENDE, 2015).

Ao desenvolver um indicador, identifica-se duas linhas principais, uma definida pela *Organization for Economic Cooperation and Development* (OECD), na qual descreve o indicador como “*um parâmetro ou um valor derivado de parâmetros, que indica, fornece informações ou descreve o estado de um fenômeno/área/ambiente, com maior significado que apenas aquele relacionado diretamente ao seu valor quantitativo*” e outra da *Environmental Monitoring and Assessment Program* – EMAP – elaborado pelo Environmental Protection Agency (EMAP – US/EPA), no qual define indicador como “*um atributo ambiental que quantifica a magnitude do estresse, as características do habitat, o grau de exposição a um fator estressante ou o grau de resposta ecológica à exposição*” (OECD, 1989).

É clara a semelhança entre as definições formuladas ao longo dos anos, contudo, dentre as duas principais, pode-se destacar que a principal diferença entre a da OECD e da EMAP – US/EPA é que a primeira examina os indicadores em um contexto ambiental mais amplo incorporando conceitos utilizados pelo desenvolvimento sustentável, na maior parte das vezes em escala regional, já o segundo, examina os indicadores em escala de bioma/ecossistema (PESSOA et al., 2003). O Índice que será apresentado e descrito a seguir se encaixa na definição dada pela OECD.



## 2.4 ÍNDICE DE QUALIDADE PARTICIPATIVO DO SISTEMA DE PLANTIO DIRETO (IQP)

Em agosto de 2002, a diretoria da Federação de Plantio Direto e Irrigação (FEBRAPDP), com sede em Foz do Iguaçu, notou em seu plano estratégico a necessidade de melhoria na qualidade do SPD, tornando-a prioridade. A primeira proposta de avaliação foi apresentada em agosto de 2003, no segundo Congresso Mundial de Agricultura Conservacionista, onde contava com a organização da FEBRAPDP, FAO, *Confederacion de Asociaciones Americanas para la Agropecuara Sustentable* (CAAPAS) e ITAIPU Binacional, instituições representativas na área, das quais apoiavam o novo projeto (ITAIPU; FEBRAPDP, 2012).

A possibilidade de subsídios, ou pagamento por carbono armazenado no solo, como medidas de Economia Neoclássica, impulsionou os estudos a respeito. Inspirados em atos já praticados no mundo, como os créditos de carbono, onde as empresas industriais poluentes possuem uma cota de floresta ou área reflorestada e a aquisição desta se dá pela compra de créditos de carbono que por sua vez, se tornou uma espécie de moeda de troca na bolsa de valores (ITAIPU; FERABAPDP, 2012; REZENDE; DALMÁCIO; RIBEIRO, 2012).

As discussões globais acerca do tema “mudanças climáticas” fomentaram a criação de acordos nacionais e internacionais, sendo um deles de grande importância para o SPD, indicado como um dos grandes responsáveis pelo sequestro e estoque de carbono no solo e em biomassa. Este plano recebe o nome de Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas para Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura, conhecido como Plano ABC, sendo regulamentado pelo Decreto de nº 7390 no dia nove de dezembro de 2010 (AMARAL, 2011).

O projeto tem como objetivo geral “*reduzir a emissão dos principais Gases de Efeito Estufa (GEE), melhorando a eficiência no uso de recursos naturais, aumentando a resiliência de sistemas produtivos e de comunidades rurais, e possibilitar a adaptação do setor agropecuário às mudanças climáticas*”. Dentre os objetivos específicos, encontra-se, um grande incentivo ao manejo do SPD por meio do fortalecimento das organizações de assistência técnica e extensão rural, a

capacitação e conscientização da população rural e técnicos, estratégias de transferências de tecnologia como dias-de-campo, palestras, seminários, *workshops*, implantação de Unidades de Referência Tecnológica (URTs), campanhas de divulgação e chamadas públicas para contratação de serviços de Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER). Além disso, o então governo também implantou ações direcionadas a oferecer incentivos econômicos e financiamentos voltados para ações sustentáveis na agricultura, girando em torno de R\$ 2 bilhões nos anos de 2010/2011, incentivo este que se encontra na casa dos 10 bilhões para a safra 2017/2018, por meio de órgãos públicos, podendo citar o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES), Caixa Econômica Federal e Banco do Brasil, como continuidade dos projetos anteriormente citados (AMARAL, 2011; BRASIL, 2017)

Neste contexto, no primeiro semestre de 2010, a FEBRAPDP foi convidada pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para participar da criação e estruturação do Plano Multisensorial, representando os produtores rurais que adotam o SPD e, por meio destas parcerias firmadas também com a Embrapa, começaram a surgir estratégias conjuntas para tornar viável as metas propostas para o setor agrícola (REZENDE; DALMÁCIO; RIBEIRO, 2012).

Pessoa et al. (2003) frisa a carência de metodologias para a proposição e utilização de indicadores ambientais, pois estes apresentam, normalmente, menos impacto direto na população, como quando comparado, por exemplo com o Índice Geral de Preços (IGP), que reflete a variação da inflação. Desta forma, torna-se mais evidente ainda a necessidade de políticas e incentivo governamental para o desenvolvimento, conhecimento e conscientização dos indicadores socioambientais e sua importância.

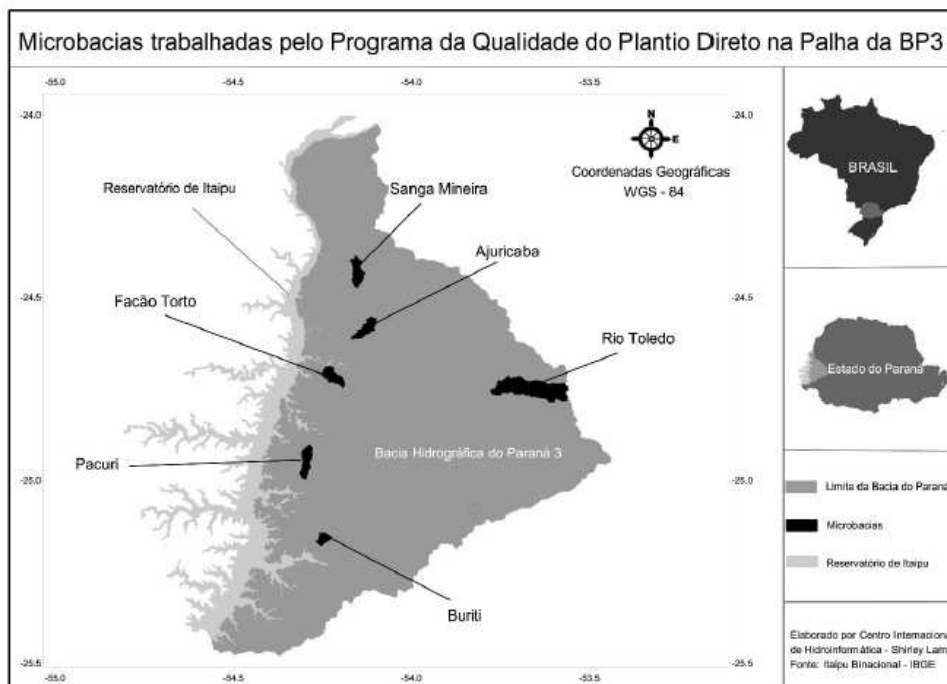
Concomitantemente, uma equipe formada por técnicos da FEBRAPDP, desenvolveu o Índice de Qualidade Participativo do Sistema Plantio Direto – IQP - buscando inicialmente estabelecer os critérios técnicos e fundamentos em práticas conservacionistas. O projeto tem como fundamento um ciclo de melhoria contínua, propondo de forma participativa a auto avaliação do agricultor, podendo então, ser utilizada amplamente e de forma fácil, onde os resultados não implicam em dificuldades na interpretação, como definido anteriormente como pré-requisito (FEBRAPDP, 2011).

A princípio, o índice foi proposto apenas para a Bacia do Paraná 3, que está localizada na mesorregião Oeste do Paraná, entre as latitudes 24° 01' S e 25° 35' S e as longitudes 53° 26' O e 54° 37' O e se estende em 28 municípios (Figura 1).

Tal seleção foi feita com o intuito de elevar a qualidade do SPD nesta área, procurando inicialmente reestabelecer os critérios técnicos que fundamentam os conceitos e processos empregados nas tecnologias conservacionistas, tal como práticas mecânicas, culturais e rotação de culturas com plantas de cobertura de solos. A metodologia procurou também alternativas econômicas que incentivassem a adoção de rotações mais diversificadas e a produção de energia a partir de biomassa (FEBRAPDP, 2011).

A área determinada foi caracterizada e decomposta em microbacias, como mostra a Figura 1. Os agricultores se voluntariaram para participar do projeto e foram submetidos a um questionário. Para cada microbacia foram definidos os indicadores que seriam usados posteriormente no sistema de pontuação e “ranqueamento” do IQP. O fato da metodologia ser participativa, implica em ações através de sensibilizações, capacitações, contato frequente com o agricultor e assistência técnica agrônômica (FEBRAPDP, 2011; NUNES, 2017).

**Figura 1.** Bacia do Paraná 3 e as microbacias trabalhadas pelo Programa da Qualidade do Sistema de Plantio Direto na região Oeste do Paraná.



**Fonte:** Itaipu Binacional – IBGE.

A metodologia é inspirada no Diagnóstico Rural Rápido Participativo (DRRP), no qual foi elaborado para coletar dados ecológicos, econômicos e sociais da área de estudo, de forma a refletir o uso das terras, o manejo do solo, os sistemas de produção, o uso e manuseio de insumos, a qualidade de vida local e as condições socioeconômicas. O DRR tem como objetivo fazer com que os atores sociais locais participem da avaliação, de forma que eles apontem, segundo suas percepções, os principais problemas existentes, suas causas e possíveis soluções. Desta forma, a percepção dos impactos reflete a percepção dos atores envolvidos no processo e ambiente de degradação. O fato de vivenciar os fatores críticos e suas causas é essencial para a tomada de consciência em relação às mudanças necessárias. Tais mudanças serão mais efetivas quanto maior for a participação dos atores em todas as fases (FERRAZ, 2003; DE SOUZA, 2009; DOS SANTOS et al, 2005).

O índice é composto por uma série de indicadores dos quais têm como objetivo prever os impactos de cenários futuros, de modo qualitativo ou demonstrativo de tendências, possibilitando ao agricultor uma ferramenta de fácil acesso e parâmetro para tomada de decisões (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

Os indicadores que compõem o IQP foram agrupados por relação com a rotação de culturas (1), o revolvimento do solo (2), a conservação do solo e da água (3), a nutrição das plantas (4) e o tempo de utilização pelo agricultor do Sistema Plantio Direto (5). O IQP é calculado pela somatória dos indicadores multiplicados pelos respectivos pesos, de modo a gerar valores de 0 a 10, grandezas de fácil entendimento pelos produtores (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

O primeiro grupo, Rotação de Culturas, é composto pelos indicadores: Intensidade de Rotação (IR), Diversidade de Rotação (DR) e Persistência da Palhada (PR) (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

#### 2.4.1 Intensidade de Rotação (IR)

Esse indicador avalia o grau de cobertura viva durante três anos. Período escolhido por ser um período fácil de o produtor se lembrar das culturas cultivadas. Para o Oeste do Paraná, o máximo possível de culturas em três anos são nove, uma vez que, o clima e topografia do local permite três safras por ano, sendo a principal de

verão, safrinha e cultura de inverno (comercial ou de cobertura) (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

O indicador é a proporção entre o número de culturas utilizado (NC) pelo número máximo passível durante o período analisado (nove em três anos). Portanto:

$$IR = NC/9$$

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

Segundo os autores, o número crítico de NC é seis, baseados em dados constatados a campo, assim, o IR crítico é 0,56.

#### 2.4.2 Diversidade da Rotação (DR)

O DR analisa o grau de diversidade presente na rotação. Roloff, Lutz e Mello (2011) apresentam um número ideal, levando em conta as necessidades de retorno econômico dos produtores, de quatro espécies em três anos, de forma que o agricultor consiga plantar os cereais rentáveis e viáveis (Soja e milho) durante a safra e safrinha, e variar, pelo menos dois anos, a cultura de inverno. Este indicador, portanto, é calculado com uma proporção entre o número efetivo de espécies presentes na rotação (CD), sobre o número de referência quatro. Desta forma temos:

$$DR = CD/4$$

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

Neste caso, o valor crítico considerado foi de duas culturas em três anos, caracterizando assim, uma sucessão pobre e um DR = 0,5 ou menos.

#### 2.4.3 Persistência da Palhada (PR)

Tal indicador estuda o grau de persistência ou durabilidade da palhada na superfície do solo. Quanto mais tempo a superfície do solo ficar protegida das intempéries, melhor o ambiente microbiano e mesofauna. Os autores ressaltam o fato de as gramíneas (*Poaceas*) caracterizarem-se, em geral, por plantas que resultam em palhada de maior persistência, desta forma, o número utilizado regionalmente como ideal é de dois terços das culturas possíveis serem gramíneas, ou seja, duas por ano (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

Conseqüentemente, esse indicador é calculado como a proporção entre o número de culturas que são gramíneas (GR) pelo número ideal no período da rotação, que é seis. Desta forma temos:

$$PR = GR/6$$

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

O valor crítico indicado foi de três gramíneas em três anos, uma média de uma por ano.

O segundo tópico é de primordial importância, visto que, é um dos pilares do SPD: a ausência de preparo do solo. Este é composto por apenas um indicador, a Frequência de Preparo do Solo (FP).

#### 2.4.4 Frequência de Preparo do Solo (FP)

O SPD demanda um tempo para estabilizar-se, sendo uma média de seis anos. Portanto, qualquer intervenção feita no sistema envolvendo revolvimento de solo leva à estaca zero a estrutura estabilizada com o tempo, começando novamente a reestruturação. Assim, FP é definido como a proporção entre o intervalo de tempo sem preparo efetivo (IEP), em anos, pelo tempo considerado suficiente para a estabilização do sistema (seis anos) (FRANCHINI et al., 2012). Leva-se em conta também o preparo parcial nas cabeceiras, supondo que estas correspondem a 20% da área, o que acarreta em 80% sem preparo. Neste caso, o valor indicado é proporcional a 80% do possível. Desta forma temos:

$$FP = IEP/6$$

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

O valor crítico atribuído por Roloff, Lutz e Mello foi de 0,5, equivalente a três anos.

O terceiro grupo é composto por dois indicadores, sendo eles o Terraceamento Correto e a Avaliação da Conservação.

#### 2.4.5 Terraceamento Correto (TC)

Este tópico é marcado pela ausência ou presença de terraceamento em nível e, se presente, pela eficácia em conter o escoamento superficial, neste caso, considera-se a frequência de transbordamento nos últimos cinco anos (FT) a melhor forma de se avaliar com praticidade este caso. Logo temos:

Sem terraços TC = 0

Com terraços:

FT < 2, TC = 1;

FT = 2 ou 3, TC = 0,5;

TC > 3, TC = 0.

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

Segundo os autores, a frequência crítica de transbordo é de duas vezes a cada cinco anos, ou seja, um TC = 0,5.

#### 2.4.6 Avaliação da Conservação (AC)

Este indicador é uma análise rápida sobre presença ou ausência de sinais visíveis de erosão. São quatro possíveis indicadores de sinais de erosão, sendo eles: Operação em nível; Ausência de sinais visíveis de erosão; Cabeceiras não compactadas e; Lavoura não compactada.

Para cada indicador acima constatado na propriedade, soma-se um ponto, sendo o máximo de quatro pontos e o nível crítico é de apenas dois indicadores.

$$AC = \sum \text{Indicadores} / 4$$

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

O tópico seguinte consiste em um indicador apenas, tratando da correta nutrição vegetal. Vale ressaltar que no Oeste do Paraná, há grande disponibilidade de esterco (MELLEK et al., 2010), portanto, o padrão deste indicador se aplica à esta

região e às regiões com estas características. O uso de tais deve ser acompanhado de estratégias de manejo de fertilidade.

#### 2.4.7 Nutrição Equilibrada (NE)

Neste caso, o NE é avaliado pela presença ou ausência de boas práticas de nutrição vegetal. São levados em conta a aplicação de esterco como fertilizante, manejo da fertilidade e balanço de nutrientes. Para cada item é considerado um ponto. Por fim, esse número é dividido por três, sendo o ideal os três, com nota final 1, e o nível crítico NE = 0,3, correspondente a apenas um dos indicadores (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

Por fim, é levado em conta quanto tempo é implantado o SPD na área analisada.

#### 2.4.8 Histórico do Produtor (HC)

O indicador de histórico é avaliado como uma proporção do tempo, em anos, em que o produtor pratica o SPD em relação ao maior tempo de instalação do sistema na região, de modo a comparar de acordo com a própria região o índice. No caso do Oeste do Paraná, o estabelecido foi 22 anos.

Desta forma, é encontrado:

$$HC = T/22$$

Onde: T = Tempo praticando o SPD.

Fonte: Roloff, Lutz e Mello, 2011.

O número considerado crítico foi de 0,3 para HC, equivalente a 6,6 anos, e o ideal acima de 13,2 anos (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2011).

Todos estes indicadores, segundo a classificação de Bockstaller et al. (2008), podem ser classificados como indicadores simples, com coletas de dados de fácil alcance seguido da aplicação em um modelo matemático simples, o que o torna viável tanto para a comunidade científica por ter embasamento na literatura, quanto para os



produtores por terem tido envolvimento no desenvolvimento destes e ser de fácil aplicabilidade (FEBRAPDP, 2011).

Os indicadores (*li*) e os respectivos fatores de ponderação (*fi*) são mostrados na Tabela 1. Os fatores de ponderação foram regionalizados e decididos através de uma análise subjetiva da importância relativa de cada indicador para o SPD regional. As funções para a estimativa do valor do indicador é sempre uma proporção, tendo por denominador ou base um número considerado ideal ou benchmark, exceto para a avaliação do terraceamento (FEBRAPDP, 2011).

Os indicadores também foram associados a valores considerados ideais, usados como objetivos a serem atingidos, e à valores considerados críticos, usados para priorizar e direcionar as ações corretivas. Estes valores foram estabelecidos subjetivamente, especialmente os críticos, e deverão ser reavaliados periodicamente conforme o SPD de qualidade evoluir em determinada região. O IQP ganhou sua primeira versão (IQP I) em 2012 e sua segunda versão (IQP II), mais simplificada, em 2015. Ambas foram validadas em 2017, comprovando a confiabilidade do método e correlação de seus valores (ROLOFF et al, 2011; NUNES, 2017).

**Tabela 1.** Indicadores (*li*) e os respectivos fatores de ponderação (*fi*) que compõem o IQP.

<b>Indicador (<i>li</i>)</b>	<b>Abreviatura</b>	<b>Fator de ponderação (<i>fi</i>)</b>
Intensidade da Rotação	IR	1,5
Diversidade da Rotação	DR	1,5
Persistência dos Resíduos	PR	1,5
Frequência do Preparo	FP	1,5
Terraceamento Correto	TC	1,0
Avaliação da Conservação	AC	1,0
Nutrição Equilibrada	NE	1,0
Histórico de Comprometimento do Produtor	HC	1,0

Fonte: FEBRAPDP (2011, p.70).

Os indicadores dos quais receberam maior peso, devido sua relevância local, foram IR, DR, PR e FP, todos relacionados diretamente à base do PD: cobertura permanente, ausência de revolvimento do solo e rotação de culturas (FAO, 2015). Os

demais são importantes para a conservação de solo e água, porém, os que houveram pesos maiores são considerados triviais para a região.

Desta forma, a fórmula do IQP é:

$$\text{IQP} = (1,5 \times (\sum \text{IR DR FP PR}) + (\sum \text{TE FE AC TA}))$$

Ou

$$\text{IQP} = \sum (li \times fi)$$

A soma das notas dos indicadores compõe o IQP, passível de ranquear os agricultores de determinada região. As áreas são classificadas em quatro categorias conforme a nota recebida: baixo, regular, bom e muito bom (Tabela 2).

**Tabela 2.** Classificação das áreas sob SPD de acordo com o Índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto (IQP).

Classificação	Nota do IQP
Muito bom	> 8.51
Bom	6.51 a 8.50
Ruim	4.51 a 6.50
Baixo	< 4.50

Fonte: FEBRAPDP (2011).

Nunes (2017) sugere que todas as áreas consideradas convencionais deveriam se enquadrar em seu nível mais baixo, não importando as outras notas. Destaca também a necessidade de maior diferenciação de classes do IQP, entre as classes “Bom” (6,51 a 8,50) e “Ruim” (4,51 a 6,50) permitindo assim uma melhor correlação entre as áreas de cada classe.

Todos os dados e informações relacionados ao IQP II foram cedidos pela Embrapa Soja e serão colocados e discutidos posteriormente, visando comparar e aprimorar uma nova proposta do índice.

A Tabela 3 contém a descrição dos indicadores que compõem o IQP II.

**Tabela 3.** Descrição dos Indicadores que compõem o IQP.

<b>ROTAÇÃO DE CULTURAS</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Dado de Entrada</b>	<b>Base</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Crítico</b>	<b>Ideal</b>
Intensidade	IR	NC= número de culturas em 3 anos (exceto pousio)	9= número de culturas possíveis em 3 anos	IR=NC/9	NC=5 IR=0,56	NC=9 IR=1,0
Diversificação	DR	CD= espécies diferentes que ocorrem na rotação GR= n° de gramíneas na rotação	4= n° de espécies ideal em 3 anos	DR= CD/4	CD=2 DR=0,5	CD=4 DR=1,0
Persistência da palha	PR	(exceto gramíneas para fenação ou silagem)	6= n° ideal de gramíneas em 3 anos	PR= GR/6	GR=3 PR=0,5	GR=6 PR=1,0
<b>PREPARO DO SOLO</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Dado de Entrada</b>	<b>Base</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Crítico</b>	<b>Ideal</b>
Frequência	FP	IEP= intervalo entre preparos (anos) Sem preparo: IEP= Base Preparo apenas cabeceira: IEP= Base x 0,8 (suposição: 80% da área sem preparo)	6= n° de anos para quase estabilização do sistema	FP= IEP/6	0,5	1,0
<b>CONSERVAÇÃO DO SOLO</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Frequência do transbordamento em 5 anos</b>			<b>Crítico</b>	<b>Ideal</b>
Terraceamento correto	TC	< 2 vezes TC= 1 2 a 3 vezes: TC=0,5 > 3 vezes : TC=0			0,5	1,0
<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Dado de Entrada</b>	<b>Base</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Crítico</b>	<b>Ideal</b>
Avaliação da Conservação	AC	<b>ICi = indicador da conservação i</b> <b>Ausente: ICi = 0</b> <b>Presente: ICi = 1</b>  Operações em nível; Ausência de sinais visíveis de erosão; Cabeceiras não compactadas; Lavoura não compactada.	4 = número de indicadores possíveis	AC = $\frac{\sum ICi}{4}$	0,5	1,0

Continuação...**Tabela 3.** Descrição dos Indicadores que compõem o IQP.

<b>HISTÓRICO DA ÁREA</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Dado de Entrada</b>	<b>Base</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Crítico</b>	<b>Ideal</b>
Histórico do Produtor	HC	T= Tempo praticando PD (anos)	22= tempo praticando PD mais longo identificado regionalmente	HC= T/22	0,3	0,6
<b>NUTRIÇÃO DO SOLO E PLANTA</b>						
<b>Parâmetro</b>	<b>Sigla</b>	<b>Dado de Entrada</b>	<b>Base</b>	<b>Fórmula</b>	<b>Crítico</b>	<b>Ideal</b>
Nutrição equilibrada	NE	<b>INi = indicador nutrição i</b> <b>Ausente: INi = 0</b> <b>Presente: INi = 1</b> Uso de esterco Manejo da Fertilidade Balanço de nutrientes	3 = n° de indicadores possível	NE=ΣINi/3	0,3	1,0

FONTE: ITAIPU E FEBRAPDP, 2011

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

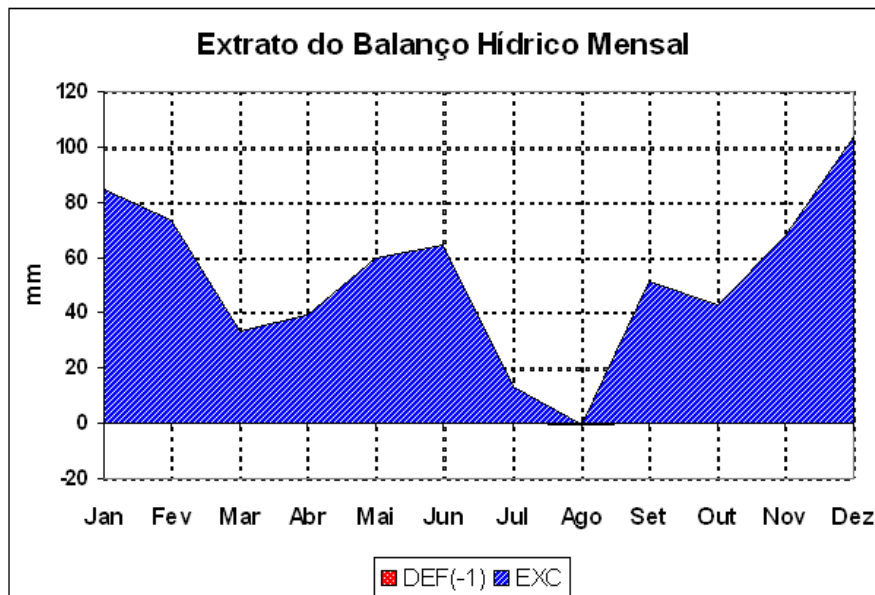
No processo de escolha e monitoramento de um indicador, Pessoa et al. (2003) recomenda dez passos, sendo eles a definição da unidade fisiológica, a definição da área de estudo, a composição da equipe, levantamentos bibliográficos e em instituições, aplicação do DRRP, identificação dos impactos, definição dos indicadores a serem monitorados, escolha de métodos para monitoramento *in loco*, monitoramento *in loco* e identificação do nível de sustentabilidade local.

De acordo com Conway (1991), bacia e microbacias hidrográficas são a unidade ideal para estudos de impactos ambientais por permitir uma ampla visão das atividades humanas e suas relações com o ambiente. Uma microbacia é caracterizada como uma área relativamente homogênea, drenada por cursos d'água conectados e que convergem direta e indiretamente para um leito ou espelho d'água em comum (FERRAZ, 2003).

Desta forma, a área definida como unidade fisiológica é localizada no município de Rolândia, que se encontra na mesoregião Norte do Paraná, de latitude média 23°18'54" Sul e longitude 51°25'48" Oeste, totalizando uma área de 380 hectares. O município possui uma altitude média de 750 m e clima subtropical Cfa, segundo a classificação de Köppen-Geiger. O balanço hídrico climatológico normal da cidade mais próxima é da cidade de Londrina, que está representado na Figura 2, localizada a 21 km de distância, podendo representar a região a qual possui mesmo clima e médias pluviométricas semelhantes. Nota-se grande excedente no verão, chegando a 100 mm, e a ausência de déficit hídrico durante o ano. Em anexo encontra-se a média mensal de chuva dos últimos três anos antecedentes a aplicação do primeiro questionário 2017

O solo nas áreas analisadas são predominantemente Latossolos Vermelhos. Foram selecionadas 9 glebas de acordo com sua representatividade na região, e a aplicação dos questionários foi feita de maio a julho, em conjunto com a Embrapa Soja.

**Figura 2:** Balanço hídrico climatológico normal da cidade de Londrina de 1986 a 2016.



Fonte: Embrapa.

**Figura 3:** Demarcação da microbacia localizada em Rolândia, Paraná, utilizada para a adaptação do IQP ao Norte do Paraná.



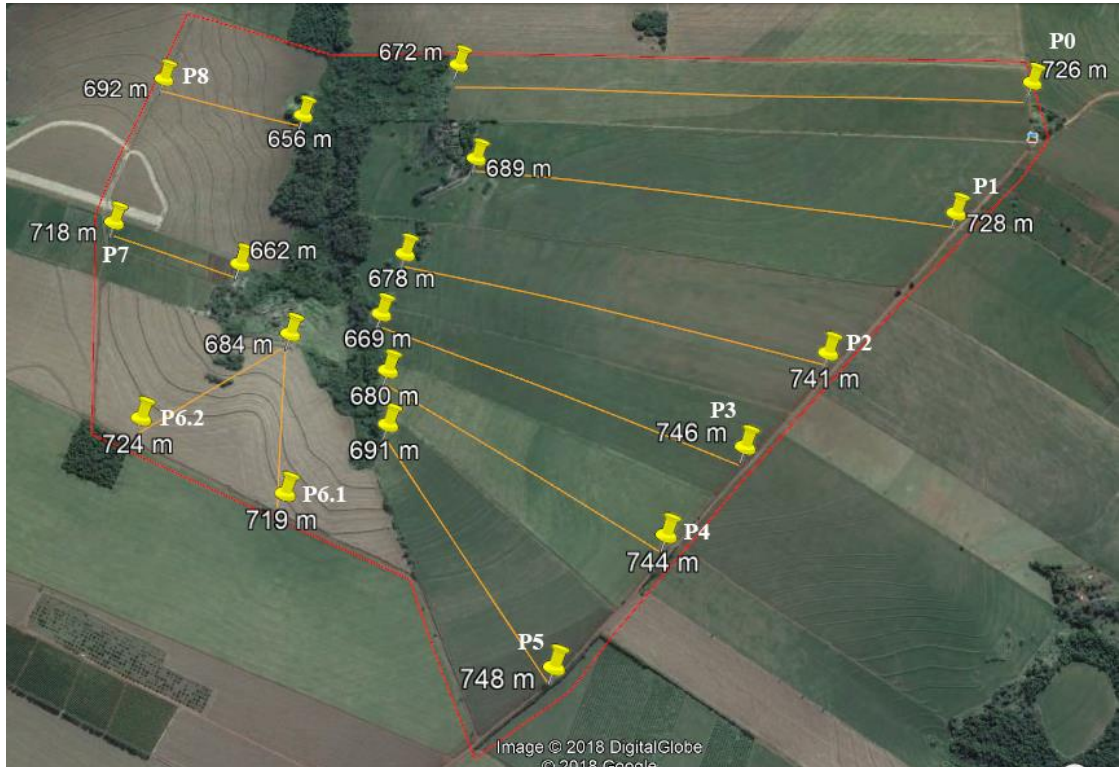
Área utilizada circulada de laranja.

Fonte: Google Earth, 2017.

A declividade média medida em nove propriedades é de 6,7%, com seis rampas de 1655 m a 780 m, sendo três superiores a 1000 m de comprimento. As outras três propriedades localizadas na parte esquerda da bacia possuem rampa menores que

500 m. O ponto mais alto da bacia estudada possui 748 m de altitude e o mais baixo 653 m. A variação média da altitude das propriedades é de 6,8% e o comprimento médio das rampas é de 861,5 m. A Figura 4 e Tabela 4 demonstram mais detalhadamente tais dados do terreno.

**Figura 4:** Detalhamento da área de estudo.



**Fonte:** Google Earth (2018).

Todos os produtores da microbacia fazem o plantio de cereais, em geral Soja, Milho e trigo.

Os itens analisados e utilizados já existentes para a Bacia do Paraná III, relacionados ao IQP foram: IR: Intensidade de rotação, DR: Diversidade de rotação, PR: Persistência de resíduos, FP: Frequência de preparo, TC: Terraceamento correto, AC: Avaliação da conservação, NE: Fertilização equilibrada, HC: Histórico de comprometimento do produtor. O questionário do IQP II, versão mais recente, encontra-se na sessão de anexos.

**Tabela 4:** Dados de altitude, variação de altitude e comprimento de rampa do terreno estudado:

	Pto. Alto (m)	Pto. Baixo (m)	Variação (m)	Variação (%)	Rampa (m)
P0	726	672	54	7,4	1655
P1	728	689	37	5,2	1366
P2	741	678	39	5,2	1200
P3	743	669	77	10,3	1061
P4	744	680	64	8,6	883
P5	748	691	57	7,6	780
P6.1	719	684	35	4,9	454
P6.2	724		40	5,9	443
P7	718	662	56	7,8	357
P8	692	656	36	5,2	416

P a P8 estão listados na figura X, Pto. Alto corresponde ao ponto de latitude mais alta da propriedade em metros e Pto. Baixo corresponde ao ponto mais baixo em metros da propriedade utilizado para agricultura. Variação (m) é a variação em metros do Pto. Alto ao Pto. Baixo. Variação (%) é a variação da inclinação do terreno. Rampa (m) é a distância em metros do ponto mais alto ao ponto mais baixo cultivável do terreno, distância percorrida pela água até a mata ciliar em casos de chuva.

Os itens novos inseridos para uma nova análise e discussão socioeconômica foram: Fonte de receita da família; Origem do custeio para plantio; Investimentos na propriedade; Investimento em educação; Investimento em moradia; Despesa com saúde. O questionário socioambiental encontra-se na seção de anexos.

Os cálculos do IQP II e os dados a respeito de seu cálculo foram feitos e cedidos pela equipe responsável da Embrapa Soja. Os questionários relacionados ao IQP foram aplicados de maio a julho de 2017 junto com a equipe da Embrapa Soja e os questionários relacionados aos dados socioeconômicos foram aplicados em janeiro de 2018.

Os questionários aplicados não se limitam apenas a estes dados, fazendo também perguntas relacionadas ao nível de conhecimento dos produtores em determinado assunto e observações sobre a propriedade, para servir também como base de dados e subsídios de informações para o acompanhamento da equipe técnica responsável (ROLOFF et al., 2011).



O corpo técnico que faz o monitoramento e acompanhamento da área é formado por pesquisadores da Embrapa, mestrandos e doutorandos da Universidade Estadual de Londrina e membros designados responsáveis desta etapa de pesquisa pela FEBRAPDP.

De acordo com cada parâmetro inicialmente proposto por Roloff, Lutz e Mello (2011), há a necessidade de adaptação dos indicadores conforme as características edafoclimáticas das bacias determinadas, ajustando o nível de importância de cada indicador ou grupo para, por fim, recalculando os fatores de ponderação.

As etapas consistiram em coletar os dados a respeito dos SPD implantados na região, calcular de acordo com o IQP I e II e discutir-los de acordo com o encontrado na literatura a respeito da região, propor uma nova metodologia de acordo com as especificidades do Norte do Paraná. Foi feita uma comparação do Coeficiente de Variação (CV%) entre os indicadores das três versões (IQP I, II e III) afim de aferir quais conseguem detectar mais detalhadamente as características do SPD local.

Por fim, na mesma área de estudo foi aplicado um questionário relacionado à visão do agricultor a respeito do IQP, sua utilidade, interpretação e aplicação e outro referente a dados sociais e econômicos afim de gerar uma discussão a respeito da sustentabilidade do SPD local e do IQP.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 ROTAÇÃO DE CULTURAS

#### 4.1.1 Intensidade de Rotação (IR)

A definição e o cálculo do IR mudaram do IQP I para o IQP II. Equanto no primeiro, divide-se o número de culturas em três anos (exceto o pousio) pelo número máximo possível neste mesmo período na região oeste do Paraná (nove), no IQP II calcula-se a quantidade de meses em que o solo fica com alguma cobertura viva pelo máximo possível em três anos (36 meses). A Tabela 5 contém os resultados de ambas as versões.

**Tabela 5:** Resultado do indicador de Intensidade de Rotação pelo IQP I e IQP II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
NC	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00
Pousio	3,00	2,67	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,67
IR IQP I	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67	0,67
IR IQP II	0,75	0,78	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,78

P1 = Antônio A. Casaroto; P2 = Arno Schultz; P3 = Berto Trasi Jr.; P4 = José Ferrari; P5 = José Sozzo; P6 = Nelson Tomimatsu; P7 = Reginaldo A. Rogério; P8 = Sebastião e João Cláudio; P9 = Valdir Cavalaro; NC = Número de culturas em três anos; Pousio = Tempo em meses de pousio onde o solo fica sem cobertura; IR IQP I = Valores de IR correspondente ao cálculo no IQP I; IR IQP II = Valores de IR correspondente ao cálculo no IQP II.

Nota-se que, em todos os casos as notas de ambas as versões ficam muito próximas e não variam muito entre eles. Em sua primeira versão, Roloff, Lutz e Mello (2011) consideram 0,56 um valor crítico, pois neste caso NC é de cinco, havendo não mais do que a média de duas safras ao ano. A segunda versão considera o nível crítico o valor de 0,75 o que leva a nota dos agricultores analisados pelo IQP II se aproximar ainda mais do nível considerável tolerável. Leva-se em conta o fato de, tanto no Oeste, quanto no Norte do Paraná o número possível de meses por ano com cobertura de inverno ser de 12 por ano, considerando a safra, safrinha e cultura de inverno, pode-se concluir que os números encontrados na Microbacia de Rolândia estão abaixo do máximo possível considerado ideal (FRANCHINI et al., 2011).

Franchini et al. (2011) e Torres e Saraiva (1999) citam a necessidade de se

reduzir ao máximo o tempo em que a área permanece sem culturas vivas. Os motivos em destaque são bioquímicos e físicos. A fração física, química e biologicamente ativa responde com o aumento da qualidade da micro e mesofauna do solo, alterando positivamente a qualidade biológica, conseqüentemente, quando o solo é 100% do tempo coberto com alguma cultura viva, ocorre uma maior ciclagem de nutriente. A decomposição de materiais orgânicos e sua incorporação às frações orgânicas do solo leva ao favorecimento do controle biológico de doenças e pragas de solo devido a maior quantidade de espécies e o aumento da fixação biológica de nitrogênio.

O tráfico de máquinas deixa o ambiente mais favorável à compactação, caso o solo não esteja devidamente coberto e com uma boa rotação que explore o potencial de diferentes tipos de raízes no máximo de tempo possível, o nível de dano será maior, deixando o solo mais suscetível à erosão. A alternância de espécies e sistemas radiculares evita a redução da porosidade total, diminuição da capacidade de infiltração de água, redução da aeração e condutividade hidráulica. Tais questões não interferem apenas no volume de água da chuva decorrente nos meses em que o solo está descoberto, mas sim em todo o sistema. O solo indevidamente manejado entrega aos meses seguintes, quando o regime pluvial aumenta, um ambiente receptor com uma drenagem precária e predisposto a ter problemas com infiltração e controle de enxurradas (FRANCHINI et al., 2011; TORRES; SARAIVA, 1999);

Um levantamento feito em 1999 na mesma região estudada, Rolândia, Paraná, mostra que dentre diferentes sistemas de produção adotados numa microbacia, apenas o SPD considerado integral, contemplando todos os pilares do SPD, não apresentou indícios de deterioração (RALISCH, 1999).

Dechen et al. (2015) afirmam que, solos com 90% de cobertura apresentaram perdas 51,97% menores de água comparados aos com 0% de cobertura e, 54,55% de terra e 54,89% de MO a menos, de forma que, solos com maior porcentagem de cobertura acarretam em menores custos devido a menor carreamento de solo. O autor estima uma perda de US\$ 1,3 bilhão ao ano nas lavouras brasileiras por perda de fósforo (P), potássio (K<sup>+</sup>), cálcio (Ca<sup>2+</sup>) e magnésio (Mg<sup>2+</sup>). O custo de erosão do solo associado à um solo com 90% de cobertura é de aproximadamente US\$ 18,15 por ha<sup>-1</sup>, enquanto em um solo sem cobertura alguma, há uma perda de cerca de US\$ 107,76, cerca de seis vezes maior.

Não há déficit hídrico na região nos meses relacionados ao pousio, dos quais correspondem a julho, agosto e setembro. Tais meses, em geral, não possuem grandes volumes de chuva acumulados, com média de 75, 50 e 119 mm, respectivamente. Os meses como agosto de 2016 (121 mm) e agosto de 2017 (102 mm), tiveram chuva acima da média histórica (normal climatológica, 1976 a 2016) porém, a pluviosidade diária nunca foi superior a 35 mm. Destaca-se, nos cinco anos analisados, o mês de julho de 2015, mês o qual a pluviosidade total foi de 354,9 mm, considerado quase cinco vezes maior que a média, e marcado por dois dias seguidos com pluviosidade muito próxima a 100 mm. Chuvas altamente erosivas são definidas como chuvas de alta intensidade que ocorrem em curtos intervalos de tempo pois quanto maior a intensidade, maior a energia cinética das gotas da chuva transferida à superfície do solo, menor a proporção de água infiltrada e maiores enxurradas (ELTZ et al. 1992)

Um trabalho desenvolvido por Silva et al. (2005) utiliza chuva simulada para estimar perdas de solo e água em diferentes manejos, sendo eles direto e convencional. O solo é classificado como Latossolo Vermelho distroférrico. Foi simulado uma chuva de 60 mm h<sup>-1</sup> por meio de infiltrômetros. Notou-se que, o tempo de início do escoamento superficial foi em média, sempre menor nos solos sem cobertura, seja nos plantios convencionais ou nos solos que se encontravam em pousio. O tratamento de plantio direto, caracterizado por sucessão soja – milho e pousio teve a chuva simulada por 35 minutos, acarretando em uma perda de 1,96 g m<sup>-2</sup>, o que corresponde a 19.600 g, 19,6 kg em um hectare em uma chuva de 60 mm por hora em 35 minutos, ou um volume de 35 mm em 35 minutos.

O contexto da bacia estudada em Rolândia assemelha-se com o quadro simulado no trabalho de Silva et al. (2005), evidenciando a necessidade de melhora em todas as propriedades rurais analisadas e, propondo um novo nível crítico maior para tal região.

O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) disponibiliza dados diários e mensais desde 2011, desta forma, é possível aferir que, nos últimos sete anos, houveram quatro meses que, durante o período de pousio, os índices de pluviosidade foram acima do dobro da média local. Tais eventos aconteceram em três anos, julho e setembro de 2015, agosto de 2016 e agosto de 2017. Deste modo, a necessidade

média nestes casos é de, no mínimo, 75 meses, o equivalente a três anos em sete, com cobertura de solo o ano todo, compatível a 32 meses em três anos. Desta forma, o nível crítico de IR para o Norte do Paraná, partindo do IQP II torna-se 0,89 e o ideal 1. Desta forma, todas as propriedades estão com classificação abaixo do nível crítico.

Finalmente, comparando os parâmetros abordados pelas versões I e II do IQP para este indicador, que é fundamental para o SPD, nota-se que o IQP II tende a reduzir a importância deste ítem na composição da nota final.

#### 4.1.2 Diversificação da Rotação (DR)

O cálculo de DR muda da primeira versão do IQP para a segunda, alterando o parâmetro e o nível considerado ideal, passando de quatro espécies para três famílias em três anos. Deste modo temos os seguintes resultados:

**Tabela 6:** Resultado do indicador de Diversidade de Rotação pelo IQP I e IQP II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
CD	2,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00
DR IQP I	0,5	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,75	0,75	0,75
DR IQP II	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00

CD = Número de espécies em três anos; DR IQP I = Valores de DR correspondente ao cálculo no IQP I; DR IQP II = Valores de DR correspondente ao cálculo no IQP II.

A rotação de culturas é considerado um dos pilares do SPD, sendo definida como a alternância ordenada de diferentes culturas em um determinado ciclo, na mesma área e na mesma estação do ano, desta forma, os sistemas que adotam soja em 100% da área no verão e milho safrinha ou trigo em 100% das áreas no inverno são caracterizados como sucessão de culturas, como é o caso dos produtores da microbacia estudada (FRANCHINI et al., 2011), porém são contemplados com dois terços da nota neste indicador. Este fato afeta diretamente um dos princípios básicos do SPD, e agrava-se mais pelo fato de ser aplicado em todas as áreas analisadas. Desta forma, destaca-se ambos os indicadores de rotação de culturas como um tópico a ser melhorado na região e a receber um peso maior, devido sua necessidade de atenção redobrada.

Diversas são as vantagens da rotação de culturas, Andreson (2003) e Moraes et al. (1995) ressaltam o fato de, diferentes espécies promoverem uma diversidade

microbiológica maior, devido seus exudados variados no solo. Sua importância é redobrada em solos compactados pelo pesado maquinário do plantio direto, onde é possível reestruturá-lo a partir de variadas culturas com sistemas radiculares diferentes, de forma a aumentar o espaço para armazenamento de água e nutrientes.

Martorano et al. (2009) reforça o fato de que, em solos sob plantio direto, onde utiliza-se corretamente a rotação de culturas, o tempo de secagem é mais prolongado que em parcelas de solo sob plantio convencional. Ressalta também menor amplitude térmica e menor temperatura máxima no primeiro comparado com o segundo. Desta forma, a rotação de culturas feita corretamente, alinhada com os outros pilares do PD, como a constante cobertura do solo (IR), possui uma relação direta com a resistência à seca em anos e períodos de estiagem, podendo trazer redução de custos para o produtor.

Além das vantagens em relação ao meio ambiente, Franchini et al. (2011) frisa a condição social que a utilização de diferentes espécies vegetais pode gerar quando permite a diversificação da renda da propriedade, reduzindo os risco de mercado e de clima inertes à produção agropecuária.

Cruz et al. (2006) aponta a necessidade de controle alternativo de plantas daninhas, devido ao fato de ser responsável por 18% do custo na produção de milho de pequenos produtores com baixo nível de tecnificação, alternativa esta apresentada e constatada por Queiroz et al. (2010) pelo plantio direto, mais especificamente a rotação de culturas com cobertura permanente. As culturas utilizadas para produção de cobertura foram Crotalária, Feijão Guandu, Feijão-de-porco, Mucuna-anã, Mucuna-preta e, como testemunha, uma área em pousio. Em todas as alternativas de rotação que geraram cobertura houve menos incidência de plantas daninhas comparado com a parcela testemunha. Mateus, Crusciol e Negrisoni (2004) atestam a eficiência da palhada de guiné gigante na diminuição do estabelecimento de plantas indesejadas.

Meschede, Ferreira e Ribeiro (2007), testaram rotações com milheto, sorgo forrageiro, milho, crotalária e mamona no cerrado brasileiro. Dentre as espécies utilizadas, o sorgo apresentou melhor potencial de produção de matéria seca para cobertura, porém, em intensidade de supressão, igualou-se ao milheto e a crotalária, havendo nestes casos, bons níveis de controle. O milho e a mamona apresentaram

os menos níveis de supressão devido a menos quantidade de massa seca produzida.

As estratégias de rotação devem ser desenvolvidas para cada caso particular, buscando sempre a integração dos métodos de controle. A rotação de culturas, associada ao controle químico, é indispensável para o controle das plantas daninhas em áreas de plantio direto (GOMES; CHRISTOFFOLETI, 2008). Cruz et al. (2006) afirmam ser possível reduzir significativamente o dano por plantas daninhas em plantios orgânicos, sem a associação citada por Gomes e Christoffoleti (2008). Deve-se levar em conta os efeitos alelopáticos das espécies relacionados às cultivares de maior importância financeira na propriedade e assim, conciliar as melhores para uma rotação ideal, que diminua os gastos com herbicidas (GOMES; CHRISTOFFOLETI, 2008).

O IAPAR desenvolveu o zoneamento agrícola para o Paraná, mapeando a época de plantio das 15 culturas mais importantes financeiramente para o estado e suas épocas e regiões de plantio. Este leva em conta o solo, clima e a socioeconomia da região. Dentre as 15 culturas, 12 são anuais. Dentre elas, há 10 culturas que podem ser plantadas na região de Rolândia, essas são: Arroz, Algodão, Amendoim, Feijão, Girassol, Mamona, Milho, Trigo, Soja e Gergelim. Levando em conta as culturas que são plantadas na mesma época, em três anos, é possível variar as três culturas de verão, utilizando uma por ano (arroz, algodão, amendoim, girassol, mamona, milho e soja), e três possibilidades em safrinha e inverno (feijão, trigo, milho e gergilim). Desta forma, de acordo com as combinações viáveis e rentáveis, é possível obter na região muitas alternativas de rotações. O ideal, levando em conta a necessidade de retorno financeiro e a conveniência de muitas vezes, manter a soja e o milho anualmente, seria que houvesse variação das culturas de inverno, evitando assim que o solo fique em pousio, sem cobertura viva. Desta forma, temos duas espécies fixas por ano e mais três como cobertura, como alguma braquiária, ou alguma das opções rentáveis, como trigo, gergelim e feijão. Desta forma, o número de cultura ideal em três anos torna-se o cinco, e também o número base. O número crítico seria o de, em no mínimo um ano dos três, variar o que é plantado, somando três espécies diferentes em três anos.

Desta forma, devido ao aumento de rigor da primeira versão, e da alta possibilidade de variedades dada pelo zoneamento agrícola no Paraná, é escolhido manter os critérios da primeira versão.

#### 4.1.3 Persistência da Palhada (PR)

Não há nenhuma divergência neste indicador entre as versões I e II do Índice. Assim temos:

**Tabela 7:** Resultado do indicador Diversidade de Rotação pelo IQP I e IQP II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
GR	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
PR	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50

GR = Número de gramíneas na rotação; PR = Indicador de persistência da palhada.

A persistência da palhada diz respeito a outro pilar do SPD, referente à cobertura permanente do solo e a capacidade dos restos culturais perdurarem na sua superfície. Todos os agricultores apresentaram o mesmo número de gramíneas em três anos, sendo o equivalente a uma gramínea por ano.

A qualidade do solo pode ser analisada com alta sensibilidade por meio da estrutura e agregação do solo (TAVARES FILHO et al., 2010). A matéria orgânica proveniente do crescimento radicular e do constante aporte de palha na superfície levam à melhoria das propriedades físicas do solo, pois acarretam mais agregação em consequência do alto aporte de matéria orgânica (IMHOFF, 2002).

Garcia e Rosolem (2010) observaram melhores índices de agregação do solo em consequência da espécie cultivada no outono-inverno. Houve o plantio de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench (S. vulgare Pers.) em consórcio com braquiária (*Urochloa ruziziensis*), milheto (*Pennisetum americanum* (L.) Leeke), crotalária (*Crotalaria juncea* L.), sorgo 'Cober Crop' (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf) em rotação com Soja (*Glicine max*), sempre em cultura de verão. Nas avaliações de massa de matéria seca produzidas para cobertura, as gramíneas apresentaram produção de massa muito superior à da crotalária. A maior produção de massa seca por espécies C4 justifica-se pela maior eficiência fisiológica no aproveitamento da energia luminosa em relação às plantas C3, no caso, a crotalária (TAIZ; ZEIGER, 2002; ROSOLEM et al., 2005).

Calonego e Rosolem (2008) tiveram resultados semelhantes, onde foi testado rotações com triticale, girassol, milheto, sorgo forrageiro e crotalária como plantas de



cobertura antecedendo a soja no verão. Dentre estes, o triticale apresentou a maior porcentagem de aumento de agregados maiores que 2 mm, e melhor estruturação do solo. Os tratamentos com ausência de espécies com sistema radicular fasciculado, como girassol/crotalária e girassol/escarificação, proporcionaram menor quantidade de agregados com diâmetro superior a 2 mm na camada de 0 a 0,05 m.

Em Garcia e Rosolem (2010), relacionado às plantas com maiores potenciais de exploração do perfil do solo, o pousio apresentou menor produção de raiz, como era esperado. As rotações com 'Cober Corp' e milheto (plantas C4) apresentaram maior crescimento radicular, o que reflete positivamente na condução de um SPD, onde as camadas compactadas são mais superficiais em razão da ausência de mobilização do solo (PEDROTTI et al., 2001).

Segundo Hakanson et al. (1988), as plantas de cobertura com elevada capacidade de fixação de carbono e que também possuem sistema radicular volumoso e agressivo podem trazer benefícios na estruturação do solo, mesmo em curtos intervalos de cultivo.

Garcia e Rosolem (2010) demonstraram em seu experimento que é fundamental na melhoria e manutenção de uma boa agregação do solo, não só a ausência de revolvimento do solo preconizada pelo SPD, mas também a manutenção de um considerável aporte de resíduos vegetais na superfície, somado ao contínuo crescimento radicular propiciado pelo cultivo permanente de plantas.

Mielniczuk (1999) afirma que, há maior densidade de raízes monocotiledôneas em relação às dicotiledôneas e ocorre uma distribuição mais uniforme do sistema radicular da primeira em relação à segunda. Este fato favorece a distribuição dos exsudados no solo. Silva e Mielniczuk (1997) afirmam que as gramíneas podem ser usadas como plantas recuperadoras de estrutura do solo em áreas degradadas, por apresentarem maior densidade de raízes e melhor distribuição do sistema radicular no solo, favorecendo assim as ligações dos pontos de contato entre partículas minerais e agregados, contribuindo para a formação e estabilidade dos agregados.

Desta forma, pode-se manter o nível ideal de quatro espécies proposto por Roloff, Lutz e Mello (2011) sem prejudicar financeiramente o produtor. Assim, é possível, em três anos, plantar sempre soja como cultura de verão e milho safrinha

(gramínea) e variar as culturas de inverno, sendo todas elas monocotiledôneas C4.

Um trabalho realizado em 2016 no município de Mandaguaçu, caracterizado como Latossolo Vermelho eutrófico típico de textura muito argilosa, foi analisado a qualidade dos manejos adotados sob SPD através do infiltrômetro Minidisk, onde ocorria uma rotação de dois anos soja e milho seguido de um período de pousio e soja e braquiária como cultura de cobertura. O ano com braquiária não apresentava períodos de solo nu. Houve também a comparação com o solo de mata nativa e de uma área de pasto há 25 anos. Foi verificado que, a área em que havia a braquiária implantada há dois meses, com sistema radicular já bem desenvolvido, apresentou uma média melhores que as demais, igualando-se estatisticamente à média de infiltração da mata nativa. Já os demais resultados não diferiram estatisticamente entre eles, porém, não houveram uma média que pudesse equivaler-se à da mata nativa. O cultivo de pastagem continha uma compactação tão intensa que, não foi possível aferir a infiltração, de forma que, a pressão de sucção de 0,02 m criada pelo aparelho foi superior à infiltrabilidade do solo (GALENDE et al., 2016).

Desta forma, afirma-se que, havendo a rotação com braquiária a cada dois anos, há uma reestruturação necessário neste, sendo melhor que um solo com monocultura e um solo com sucessão de soja e milho.

Assim, pode-se propor um o nível crítico de três gramíneas em três anos, como proposto por Roloff, Lutz e Mello (2011) e o número ideal de seis espécies diferentes de gramíneas em três anos, de forma que, caso o agricultor utilize todos os anos o milho como gramínea, seja necessário utilizar mais uma gramínea de inverno por ano de forma a evitar os meses de solo desprotegido, ou, quatro espécies diferentes de gramíneas dos três anos.

Para este indicador a indução de introdução de novas gramíneas na rotação nesta região é salutar e interessante.

## 4.2 PREPARO DO SOLO

### 4.2.1 Frequência de Preparo (FP)

Na versão um do IQP, como foi exemplificado anteriormente, dividia-se pelo número seis o IEP. Em sua segunda versão, considera-se, de 1 e 2 anos equivalentes

a um FP de valor zero, de três a cinco anos, um valor de 0,25, de seis a oito anos, FP = 0,50, de 9 a 11, a FP é 0,75, e 12 anos ou mais, o valor é de 1, que é considerado ideal:

**Quadro 1:** Critérios de avaliação do indicador Frequência de Preparo pelo IQP II

IEP (Anos)	FP
1 - 2	0
3 - 5	0,25
6 - 8	0,5
9 - 11	0,75
12 ou mais	1

IEP = Intervalo de tempo sem preparo efetivo; FP = Frequência de preparo.

Em nenhuma propriedade houve o preparo de cabeceira, portanto, consideramos o mesmo valor para a área toda. Desta forma, temos:

**Tabela 8:** Valores de FP e IEP pelo IQP I e II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
IEP	20	25	3	15	4	6	10	10	21
FP IQP I	1,00	1,00	0,50	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00	1,00
FP IQP II	1,00	1,00	0,25	1,00	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00

Para o desenvolvimento do FP no IQP I, levou-se em conta a área mais velha da região com o SPD. No caso de Rolândia e do Norte do Paraná, em 1972 foi quando o SPD foi adaptado ao Brasil exatamente na região de Rolândia. Região estudada atualmente, somando 44 anos até o momento em que os dados foram coletados. Porém, podemos considerar o ano de 1992 como um ano decisivo para o desenvolvimento e divulgação do SPD, pois foi a partir deste ano que o número de propriedades que adotavam o manejo aumentou subitamente no Brasil (LANDERS, 2005; FEBRAPDP, 2014).

Assim, propõe-se um número de IEP ideal de 24 anos. O número de IEP crítico pode variar de 6 a 9 anos segundo Franchini et al. (2012) e Pereira Neto et al. (2007), sendo referente aos anos de adaptação do Sistema Plantio Direto, de forma que, as estruturas do solo tenham se readaptado e a produtividade passado a ser igual ou maior ao Plantio Convencional.

Garcia e Rosolem (2010) citam uma necessidade de, no mínimo três anos, de um implantação completa do SPD, incluindo uma boa rotação de culturas, para que o

solo comece a se reestruturar fisicamente, com melhoras na qualidade dos agregados e na quantidade de matéria orgânica. Desta forma, propomos:

**Quadro 2:** Critérios de avaliação do indicador Frequência de Preparo proposta para o IQP Norte do Paraná (IQP<sub>NPR</sub>).

IEP (Anos)	FP	Parâmetro
1 - 3	0	Muito ruim
4 - 5	0,25	Ruim
6 - 9	0,5	Nível crítico
10 - 11	0,75	Bom
12 ou mais	1	Ideal

O nível crítico é de 0,5, considerado 0,4 para baixo ruim 0,75 bom e 1 ideal.

#### 4.3 CONSERVAÇÃO DE SOLO

##### 4.3.1 Terraceamento Correto (TC)

A avaliação deste indicador é a mesma para o IQP I e II, portanto, neste caso não há divergência de valores, sendo ambos o mesmo.

**Tabela 9:** Frequência de transbordamento e os resultados do indicador Terraceamento Correto pelo IQP I e II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
FT	1	2	1	1	1	3	3	3	1
TC	1,00	0,50	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00

FT = Frequência de transbordamento nos últimos cinco anos; TC = Terraceamento correto.

Roloff, Lutz e Mello (2011), utiliza a ausência ou presença de terraceamento em nível e, se presente, sua eficácia em conter escorrimentos superficiais. Os autores levam em conta a frequência de transbordamento nos últimos cinco anos.

A prática do terraceamento evoluiu no Estado do Paraná a partir da década de 1970, pouco antes do surgimento do SPD. Um programa do governo chamado Paraná Rural – Subprograma de Manejo e Conservação do Solo (1986) - incentivava e disponibilizava créditos ao agricultor para que fossem feitos terraços em nível e levava-se em conta a microbacia toda, não apenas a propriedade individualmente, desta forma, os terraços adquiririam uma continuidade, tornando a retenção de

enxurrada e diminuição da erosão muito mais eficiente do que no caso de, cada propriedade começar e finalizar seu terraço sem estar de encontro com o da propriedade vizinha (FLEISCHFRESSER, 1999).

Com a promessa de controle de erosão do novo manejo criado por Bartz, muitos dos agricultores que aderiram a esta nova prática retiraram o terraço, por acreditar ser dispensável, ou removiam um a cada dois ou três terraços. Esta ação, além de diminuir o custo com manutenção, facilitava no tráfico de máquinas e no tempo de trabalho utilizado para as operações à campo (CAVIGLIONE et al., 2010).

Caviglione et al. (2010), em um trabalho conjunto do IAPAR com o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) fez um estudo em uma bacia na cidade de Mamborê, o Paraná, onde houve a avaliação e comparação de perda de solo em dois níveis de chuva entre um solo com SPD contendo o terraceamento correto (tanto o recomendado pelo IAC quanto o recomendado pelo IAPAR), um caso em que se retirava um terraço a cada dois e outro cenário de SPD sem nenhum terraço. Neste trabalho foi possível afirmar que os terraços devem ser mantidos na íntegra, sem nenhuma redução, pois a prática é eficiente no controle da erosão, principalmente nos anos com maior erosividade das chuvas.

Tavares Filho e Rinschede (2009) em seu levantamento na região do norte do Paraná, incluindo a região de estudo, o autor destaca que, 87,7% dos entrevistados não acham necessária esta prática caso a área cumpra os demais pré-requisitos do SPD.

Um trabalho desenvolvido em Mercedes, no Paraná, constatou que, 25,5% das propriedades da bacia estudada não tinham sistema de terraceamento e, dentre os 74,5% que continham, 59,4% necessitam de reformas, algumas chegando a 2.000 m (CASTAGNARA et al., 2007)

Desta forma, os responsáveis pela criação do índice, também propõem a inclusão de um quarto pilar para o SPD, sendo ele “a gestão dos fatores controladores do escoamento superficial visando sua minimização ou, simplesmente, a gestão do escoamento superficial”, isso diz respeito à terraços (DENARDIN; KOCHHANN, 2018), travessieiros de terraços (GODINHO et al., 2001), cordões de vegetação (COAN et al. 2004), *vertical mulching* (GARCIA, 2008), e outras medidas específicas

para cada propriedade. Assim, deve-se dar uma atenção especial a este tópico e, devido sua importância na região dosá-lo como um dos pilares do SPD.

Todas as propriedades entrevistadas utilizam o terraço agrícola, e todas fazem continuidade dos terraços entre uma propriedade e outra, desta forma, há uma vantagem na adoção da prática, evitando que ocorra escoamento do terraço de uma propriedade para outra, sobrecarregando alguns pontos.

Analisando a média histórica máxima de chuva em 24h destacamos os seguintes anos que bateram records de chuva ou chegaram próximos: fevereiro de 2014 com 93,6 mm como máxima em 24h e, aproximando-se, 78,2 mm em 2016 para o mesmo mês. 2015, no mês de julho com uma chuva de 91,8 mm em um dia. Janeiro de 2016, com 223,6 mm como record, somando um acumulado de 364,2 mm em quatro dias e janeiro de 2017, onde ocorreu uma pluviosidade de 51,2 mm em um dia e 44,8 mm no seguinte, posteriormente 59 mm e 73 mm. Em maio de 2016 houve outro recorde de pluviosidade diária de 87,6 mm, contabilizando 158 mm em três dias e, 84,2 mm nos últimos quatro. Deve-se levar em conta que, segundo o balanço hídrico climatológico normal da região, os meses com maior reserva de água no solo são os de dezembro e janeiro, portanto, o solo está muito mais saturado que em meses como julho e agosto, deixando então o ambiente mais susceptível a erosão nestes meses. Em outubro de 2017 houve 93 mm em um dia, não atingindo o máximo porém, proximando-se bastante (106,4 mm) e dezembro de 2015, onde choveu dias seguidos respectivamente 59,8 mm, 43 mm e 45 mm, fechando um mês com o total de 390 mm (IAPAR, 2018).

Desta forma temos quatro meses de records nos últimos cinco anos e quatro outros meses que se aproximaram do recorde mas não chegaram a igualar ou passar. Se levarmos em conta os últimos dez anos, acrescentamos mais três médias máximas de pluviosidade diária, sendo elas março de 2012 (124,6 mm), abril de 2008 (151,2 mm) e junho de 2012 (200,5 mm). O que nos dá uma média de sete meses com excessos de chuva diários records em 10 anos, uma média de 3,5 em cinco anos.

Assim, propomos um novo indicador e duplo. Onde: Caso a propriedade não apresente nenhuma ferramenta de gestão do escoamento superficial de água a nota iguala-se à zero. Caso tenha e não seja o terraço, sua nota será 1, devido a falta de

parâmetros para analisar e devido tamanha a diversificação do método. Caso tenha terraço será analisado a questão do transbordamento.

Para transbordamentos de zero à dois (metade do que foi considerado recorde diário nos últimos cinco anos) a nota é equivalente a 1. Em situações de de transbordo de três à cinco, a nota é 0,5. Para NT superior à 6, a nota é equivalente à zero.

Soma-se as duas etapas para o número final do indicador TC. Por ser de grande relevância na região e ser equiparado a um dos pilares do SPD, o indicador apresenta peso equivalente aos dos indicadores base do sistema.

**Quadro 3:** Critérios de avaliação do indicador Terraceamento Correto proposto para o IQP<sub>NPR</sub>.

TC (5 anos)	Nota
0 – 2	1
3 – 5	0,5
6 ou mais	0

#### 4.3.2 Avaliação da Conservação (AC)

Este tópico diverge na avaliação entre o IQP I e II. Ele resume-se em quantidade de indicadores visuais que a gleba apresenta e, no final faz-se uma média entre eles. Na sua primeira versão, havia o mesmo peso para os quatro indicadores, e na segunda, havia indicadores diferentes e pesos diferentes, como pode ser identificado no quadro demonstrativo a seguir:



**Quadro 4:** Comparação entre o método de avaliação de AC entre IQP I e II.

IQP I		IQP II		
Indicador	Valor	Indicador		Valor
Operação em nível	1	Semeadura em nível		0,7
Ausência de sinais visíveis	1	Pulverização em nível		0,3
Cabeceiras não compactadas	1	Solo Compactado	Não	2
			Cabeceiras	1
			Toda a lavoura	0
Lavoura não compactada	1	Sinais visíveis de erosão		1
Nota final	$\Sigma$ Indic./4	Nota final		$\Sigma$ Indic./4

Assim, os valores finais do indicador podem ser diferentes, como demonstra a tabela a seguir:

**Tabela 10:** Resultados do indicador Avaliação da Conservação pelo IQP I e IQP II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
AC IQP I	0,75	0,75	1	1	1	0,5	0,5	0,5	1
AC IQP II	0,58	0,75	1	1	1	0,5	0,43	0,43	1

Segundo Gomes (*apud* EMBRAPA, 2008) no Brasil, perde-se em torno de 1 bilhão de toneladas de solo em um ano e 23 bilhões no mundo todo no mesmo período. Estes carregamentos de solo de áreas agricultáveis levam à contaminação das águas superficiais e subterrâneas devido a liberação de lixos sólidos e líquidos nos cursos dos rios, nascentes e mananciais, acarretando no aumento no índice de

turbidez e diminuição dos leitos devido a exurradas. Todos estes pontos levam a graves consequências sociais e econômicas.

Analisando Londrina e região, Tavares Filho e Rinschede (2009) constatou que 74% dos 200 produtores entrevistados acreditam que são necessárias práticas de conservação de água e solo, contra 26% que não acredita ser essencial, ressaltando a questão dos custos para implantação e o fato de não acreditarem no retorno financeiro. Dentre a porcentagem que acha importante e aplicam, acredita-se que as medidas mais importantes a serem adotadas são a mata ciliar, o reflorestamento em áreas de preservação permanente fiscalizada. Este fato demonstra a necessidade de maior conhecimento de outros métodos de conservação de solo e água e suas importâncias.

Os autores fazem o questionamento a respeito da qualidade da assistência que está sendo prestada na região por técnicos e pesquisadores de órgãos públicos e privados, sobre o acesso à informação para tal conscientização da parte dos agricultores e se há algum problema relacionado ao custo de manutenção e aplicação de novas práticas conservacionistas.

Autores afirmam que plantio em nível, em substituição ao plantio morro abaixo apresenta boa eficiência no controle das perdas por erosão, com reduções em torno de 40 a 50% (MARGOLIS et al., 1985; SILVA et al., 1989 e MARGOLIS et al., 1991). Albuquerque et al., (2002) encontrou valores de perdas de solo bem inferiores em cultivos de uma mesma cultura em nível e morro abaixo, sendo eles  $5,4 \text{ t ha}^{-1}$  e  $11,6 \text{ t ha}^{-1}$  respectivamente. Neste mesmo trabalho, ao comparar a perda de água nas mesmas parcelas citadas anteriormente, constata-se uma redução de 20% no plantio em nível em relação ao plantio morro abaixo.

Levien et al., (2011) discute o fato de o plantio em linha demandar mais trabalho e gasto de energia que em morro abaixo e chega à conclusão de que o consumo de combustível por área trabalhada e capacidade operacional não são influenciados pelo sentido no terreno.

Um experimento conduzido em um Latossolo vermelho de 1999 a 2001 determinou as áreas de maior compactação em uma lavoura manejada com SPD, apontando a cabeceira como a área mais compactada, devido ao fluxo de manobras

realizados em tal local pelo maquinário, e a área central da lavoura como menos compactada. O maior nível de compactação reduziu o rendimento de grãos no trigo e do milho (SECCO et. al, 2009)

Devido ao fato de a segunda versão do IQP levar em conta mais detalhadamente as questões relacionadas ao indicador, será considerado como melhor para aferir em relação a região tal versão. Portanto:

$$IQP_{NPR(TC)} = IQP_{II(TC)}$$

Nível crítico é de 0,75 e o ideal é 1.

Recomenda-se a adoção do critério do IQP II para a região Norte do Paraná por ser mais rigoroso e esta região ser mais suscetível à erosão.

#### 4.4 HISTÓRICO DA ÁREA

##### 4.4.1 Histórico do Produtor (HC)

Os valores entre IQP I e II não diferem muito em valores, porém, no primeiro caso, o número é dividido por 22, que é o maior tempo, em anos, que havia sido encontrado na região de implantação do sistema, porém, posteriormente, o número passou para 25. Desta forma, o tempo (em anos) praticando o PD passou a ser dividido pelo número 25 em sua segunda versão, e não mais 22.

**Tabela 11:** Resultado do indicador Histórico do Produtor pelo IQP I e IQP II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
T	22	25	20	15	3	6	10	10	21
HC IQP I	1,00	1,00	0,91	0,68	0,14	0,27	0,45	0,45	0,95
HC IQP II	0,88	1,00	0,80	0,60	0,12	0,27	0,40	0,40	0,84

T = Tempo em anos que o SPD foi implantado na propriedade.

Para o desenvolvimento do HC no IQP I, assim como para o indicador FP, levou-se em conta a área mais velha da região com o SPD. Como explicado anteriormente, em 1972 o agricultor Herbert Bartz adaptou o que hoje conhecemos como Plantio Direto no Brasil. Isso aconteceu no município de Rolândia, local onde é desenvolvido o presente trabalho, somando 44 anos até o momento em que os dados foram coletados. Neste caso, será levado em conta o ano de 1992, devido sua

importância decisiva para o desenvolvimento e divulgação do SPD (LANDERS, 2005; FEBRAPDP, 2014).

Assim temos:

$$HC = T/24$$

Onde:

HC = Histórico do Produtor

T = Tempo de implantação do Sistema

Nível crítico será 0,38, assim, completa-se o número mínimo para estabilização do sistema. Indicador ideal é 1.

#### 4.5 NUTRIÇÃO DO SOLO E DA PLANTA

##### 4.5.1 Nutrição Equilibrada (NE)

A forma como é calculado este indicador é diferente entre às duas versões já propostas, como pode ser visto no Quadro 5.

Tweeten (1996) e Balastreire (1997) afirmam ocorrer impacto ambiental quando há a distribuição excessiva de fertilizantes, em virtude de problemas de lixiviação dos nutrientes, atingindo o lençol freático, e de carreação pelas chuvas, poluindo rios, córregos e lagos. Outra motivo para conscientizar a necessidade de análises e aplicação exata de calagem e fertilizantes é o prejuízo econômico causado pela aplicação em excesso em alguns pontos e insuficiente em outros, diminuindo a produção.

Weirich Neto, Sverzut e Schimandeiro (2006) observaram variações nas necessidades de nutrientes e de calagem entre 60 pontos estudados, demonstrando haver diferenças dentro do talhão analisado, originalmente considerado como área homogênea, ressaltando assim a necessidade de análises específicas e aplicações heterogêneas, de acordo com a necessidade das glebas.



**Quadro 5:** Comparação entre o método de avaliação de NE entre IQP I e IQP II.

IQP I		IQP II			
Uso de esterco	1	Uso de adubação orgânica?	Não		1
			Sim	Aplicação sem método	0
				Aplicação controlada Balanço Nutriente	0,50 1
Manejo de Fertilizantes	1	Calagem com base na análise de solos?			0,5
Balanço de nutrientes	1	Adubo Químico com base na análise de solos?			0,5
Nota final	$\Sigma$ Ind./3	Nota final			$\Sigma$ Ind./2

**Tabela 12:** Pontuação do indicador Nutrição Equilibrada pelo IQP I e IQP II.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
NE IQP I	0,67	1	1	0,67	0	0,67	0,67	0,67	0,67
NE IQP II	1	1	0,75	1	0	1	1	1	1

Muitos produtores sentem-se inseguros em relação à aplicação de calcário sem revolvimento do solo para sua incorporação, porém é necessário não fazê-lo para não destruir o que foi ganho pela adoção do SPD (aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial, aumento da CTC, melhora da estrutura do solo) (POTTKEN; BEM, 1998).

Moschler et al. (1973), trabalhando em solos com pH de 5,3 (área sob preparo

convencional) e de 4,8 (área sob plantio direto), ambos determinados na camada de 0-10 cm, estudaram o efeito do calcário aplicado na superfície do solo sob SPD e daquele incorporado ao solo no sistema convencional de preparo (aração + gradagens). Na média de oito anos, o aumento no rendimento de grãos de milho foi de 31,3%, no SPD, e de apenas 13,5%, no sistema convencional, demonstrando a resposta das culturas e a viabilidade de aplicação do calcário na superfície do solo sob SPD e sua eficiência. Blevins et al. (1978) também reportaram aumentos no rendimento de grãos de milho pela aplicação de calcário na superfície de solos com pH inicial de 5,6 e de 5,1 e concluíram ser esse método eficiente para neutralizar a acidez do solo causada pela fertilização nitrogenada do milho cultivado no SPD.

Roloff, Lutz e Mello (2011) descrevem o cenário para o Oeste do Paraná onde a utilização de adubos orgânicos é superior à outras regiões do Paraná, incluindo o Norte, e descreve sua importância em relação à dose correta, para suprir as necessidades no solo sem excessos, envolvendo amostragem, análises no material a ser utilizado, balanço de nutrientes e outros que dê base suficiente para tal aplicação (MELLEK et al., 2010). Porém, o cenário encontrado no Norte do Paraná não é semelhante ao Oeste, informação que pode ser constatada observando os dados utilizados em Roloff, Lutz e Mello (2011) e em Nunes (2016) com os dados deste trabalho. Nota-se que, nenhuma das propriedades estudadas utilizam adubo orgânico, tal como a maioria das propriedades da região. Devido este fato, será excluído do indicador NE, de forma que o indicador de nutrição equilibrada seja composto apenas pelos fatores “Manejo de fertilizantes” e “Balanço de Nutrientes”, onde o balanço de adubo orgânico entra na nota com o balanço para aplicação de adubo químico, diminuindo assim sua influência sobre a nota final.

Assim temos:

$$NE = (MF + BN)/2$$

Onde:

MF = Manejo de Fertilizantes (Calagem com base em análise de dados? Sim: 1; Não: 0)

BN = Balanço de Nutrientes (Adubo Químico e Orgânico com base na análise

de solos? Sim: 1; Não: 0)

A proposta para nível crítico é de 0,5, onde, ao menos um dos critérios é negligenciado, e o ideal é 1.

Descritos os novos indicadores temos:

**Tabela 13:** Descrição dos indicadores do IQP adaptados para o Norte do Paraná.

IR = Intensidade de Rotação	IR = MC/36 MC = Meses de cobertura em três anos 36 = número de meses possível em três anos	Nível Crítico = 0,89 Ideal = 1
DR = Diversidade de Rotação	DR = CD/5 CD = Número de espécies em três anos	Nível Crítico = 0,6 Ideal = 1
PR = Persistência da Palhada	PR = GR/6 GR = Número de gramíneas na rotação.	Nível crítico = 0,5 Ideal = 1
FP = Frequência de Preparo	IEP (Anos)      FP 1 – 2              0 3 – 5              0,25 6 – 8              0,5 9 – 11             0,75 12 ou >          1 IEP = Intervalo de tempo sem preparo efetivo	Nível crítico = 0,5 0,51 – 0,75 Bom 1 Ideal
TC = Terraceamento Correto	Há ferramenta de gestão de superfície? Não = 0 Sim, não é terraço = 1 Sim, é terraço 0 – 2              1 3 – 5              0,5 6 ou >            0 NT = Número de transbordo em 5 anos	Nível crítico = 0,5 Ideal = 1
AC = Avaliação da Conservação	Semeadura em nível? Sim = 0,7, Não = 0; Pulverização em nível? Sim = 0,3, Não = 0; Solo compactado? Não = 2, Cabeceiras = 1, Toda a lavoura = 0; Sinais visíveis de erosão? Não = 1, Sim = 0. AC = $\sum$ Indicadores AC/4	Nível Crítico = 0,75 Ideal = 1
HC = Histórico do produtor	HC = T/24 T = Tempo de implantação do Sistema	Nível Crítico = 0,38 Ideal = 1
NE = Nutrição Equilibrada	NE = (MF + BN)/2 MF = Manejo de Fertilizantes: Calagem feita com base em análise de dados? Sim = 1; Não = 0. BN = Balanço de Nutrientes: Adubo químico e orgânico com base na análise de solos? Sim = 1, Não = 0.	Nível Crítico = 0,5 Ideal = 1.

Os pesos foram determinados de acordo com os indicadores que representam



a base do plantio direto, sendo eles IR, DR, PR e FP respectivamente.

**Tabela 14.** Indicadores (*Ii*) e os respectivos fatores de ponderação (*fi*) que compõem o IQP<sub>NPR</sub>.

Indicador ( <i>Ii</i> )	Abreviatura	Fator de ponderação ( <i>fi</i> )
Intensidade da Rotação	IR	1,5
Diversidade da Rotação	DR	1,5
Persistência dos Resíduos	PR	1,5
Frequência do Preparo	FP	1,5
Terraceamento Correto	TC	1,0
Avaliação da Conservação	AC	1,0
Nutrição Equilibrada	NE	1,0
Histórico de Comprometimento do Produtor	HC	1,0

Conseqüentemente temos os demais resultados:

**Tabela 15:** Resultados do IQP<sub>NPR</sub>.

Indicad.	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	N° Crit	Ideal
IR	0,75	0,78	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,78	0,89	1
DR	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	0,40	0,60	0,60	0,60	0,60	1
PR	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	1
FP	1,00	1,00	0,00	1,00	0,25	0,50	0,75	0,75	1,00	0,50	1
TC	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	0,50	1
AC	0,58	0,75	1,00	1,00	1,00	0,50	0,43	0,43	1,00	0,75	1
HC	0,91	1,00	0,83	0,63	0,13	0,25	0,42	0,42	0,88	0,38	1
NE	1,00	1,00	0,50	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	1
IQP <sub>NPR</sub>	7,09	8,07	6,11	7,53	5,28	5,48	6,25	5,25	6,83		

As notas entre os agricultores variam entre 5,25 e 8,07. Roloff, Lutz e Mello (2011) e Nunes (2017) propõem diferentes classificações para os resultados finais, todavia, deve-se atentar ao fato de que um indicador alto pode encobrir o valor de outro com nota inferior e que precisa de maior atenção. Dessa forma, não será desenvolvido um quadro ranqueando as notas finais, assim, o agricultor terá a nota final apenas como base, onde mais baixa a nota pior, e quanto mais perto de 10 a nota, melhor, porém, deve-se analisar cada indicador individualmente, de forma a melhorar todos os indicadores que estiverem baixos, atentando-se ao nível crítico, no intuito de, sempre entender a nota e utilizá-la como auxiliar na tomada de decisão na propriedade, de forma que a qualidade do solo e água seja mantido ou melhorado.

Os pontos mais críticos encontrados dentre os produtores de acordo com a média de todos os produtores e em relação ao nível crítico de cada, o indicador de Intensidade de Rotação, Diversidade da Rotação, Persistência da Palhada e Avaliação da Conservação Dentre merecem atenção maior devido sua importância como pilares do SPD.

Dentre os indicadores, o com menor média foi o de Persistência da Palhada (0,5), seguido de Diversidade de Rotação (0,55), e Frequência de Preparo (0,61), porém se levarmos em conta, no geral quais ficaram com a média geral igual ou abaixo do nível crítico não necessariamente encontramos os menores números, pois cada um é analisado de acordo com seu nível crítico, sendo eles, em ordem decrescente a Intensidade de Rotação (0,75), Avaliação da Conservação (0,74) e Diversidade de Rotação (0,5). Os três encontram-se com a média abaixo do nível considerado crítico.

**Tabela 16:** Coeficiente de variação dos indicadores de IQP I, IQP II e IQP<sub>NPR</sub>.

CV%	IR	PR	DR	FP	TC	AC	HC	NE
IQP I	0	0	15,87	20,7	33,88	29,83	51,26	43,16
IQP II	1,75	0	15,7	43,94	33,88	35,14	52,05	38,71
IQP <sub>NPR</sub>	3,44	0	15,87	52,49	30	35,14	52	42,43

CV% = Coeficiente de Variação;

Os indicadores que apresentaram maior coeficiente de variação são os que obtiveram maior diferença entre os resultados, portanto, conseguem aferir mais especificamente as diferenças entre as propriedades de acordo com o mesmo indicador ou tema. Nota-se que, de oito indicadores, cinco puderam ser melhor

aferidos pelo IQP<sub>NPR</sub>, sendo eles o IR, DR, FP AC e HC, a versão I apresentou 3 indicadores com maior CV%, assim como a versão II, evidenciando o fato de que o IQP<sub>NPR</sub>, baseado nas características da região, é mais capaz de aferir especificamente a qualidade do plantio direto local.

PR não apresentou variação em nenhuma das três versões, por não variar seu cálculo entre os três e, coincidentemente todos os agricultores utilizarem em três anos a mesma quantidade de gramíneas. Entretanto, pauta-se o indicador na literatura e, tanto no Oeste do Paraná, quanto no Norte, a forma de avaliação e os números críticos encontrados em clima e solo semelhantes não variam, de forma a aferirem de forma correta, tal como foi validado nos trabalhos de Roloff, Lutz e Mello (2012) e Nunes (2017).

O indicador TC apresentou o CV% inferior aos demais, porém, o indicador TC<sub>NPR</sub> foi desenvolvido nos mesmos passos que o TC do IQP I e II, específicos para outra região. Foi levado em conta a pluviosidade e o balanço hídrico local, o que pode-se considerar ideal pelo fato de ter sido desenvolvido da mesma forma que as versões anteriores e estas já serem validadas e consideradas confiáveis para sua região de origem (ROLOFF; LUTZ; MELLO, 2012; NUNES, 2017).

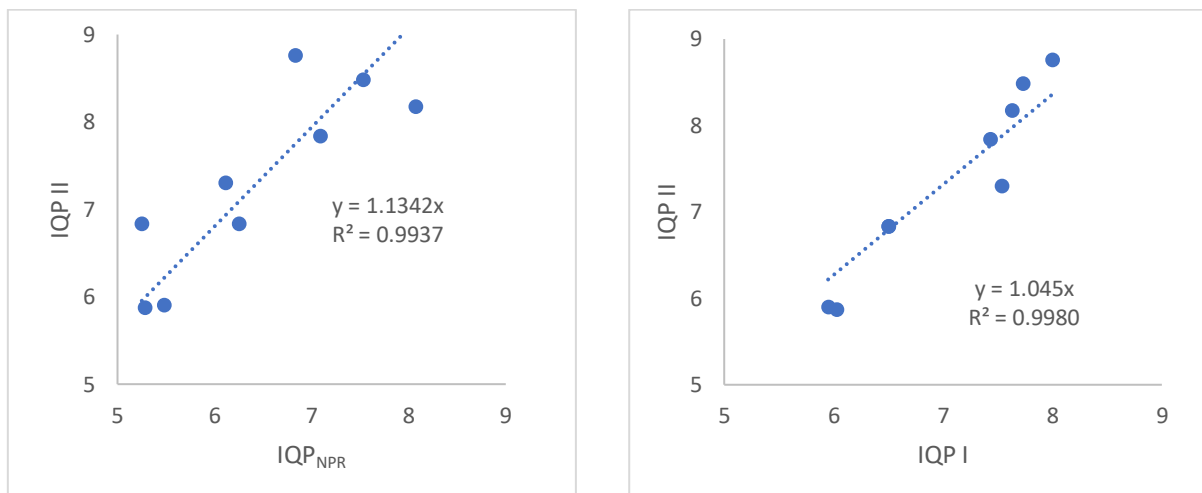
O último indicador, NE, que leva em conta a qualidade das adubações e calagens, obteve o menor CV% na versão do IQP II, sendo considerada a mais específica para a Bacia do Paraná 3, uma vez que, ela ranqueia detalhadamente a qualidade do uso de adubos orgânicos, prática muito utilizada na região Oeste do estado. A versão para o NPR é um meio termo entre a primeira versão e a segunda, não excluindo os dados da primeira, apenas mudando seus pesos no cálculo e, retirando a parte específica sobre adubos orgânicas, devido ao fato de a prática ser pouco utilizada na região de estudo e não haver tamanha necessidade.

A versão recentemente aplicada pelos órgãos públicos, segundo a Embrapa Soja, foi o IQP II. Dada a informação, foi feita análise de variância ( $p > 0,05$ ) e análises de regressão comparando as duas outras versões, a do IQP I e a NPR com o IQP II.

**Tabela 17:** Comparação dos resultados dos dados dos mesmos produtores rodados em diferentes versões do IQP (I, II e NPR).

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9
IQP I	7,43	7,63	7,54	7,73	6,03	5,95	6,50	6,50	8,00
IQP II	7,84	8,17	7,30	8,48	5,87	5,90	6,83	6,83	8,76
IQP <sub>NPR</sub>	7,09	8,07	6,11	7,53	5,28	5,48	6,25	5,25	6,83

**Figuras 5 e 6:** Análise de regressão para IQP II x IQP<sub>NPR</sub> e IQP II x IPQ I.



Tanto o método IQP<sub>NPR</sub> quanto o IQP I apresentaram coeficiente angular significativamente maior do que 1, mostrando que os valores obtidos por eles são menores que os obtidos pelo IQP II. Desta forma, podemos considerar que, em relação ao método proposto para o Norte do Paraná, o IQP II superestima os valores, dos indicadores, assim, quando utilizado, dá uma falsa imagem positiva relativo a qualidade do SPD. Quando comparado com a primeira versão, o IQP II também superestima os valores, propondo assim que, entre as duas versões já validadas anteriormente, a primeira apresenta uma margem de erro menor em relação a segunda, quando comparados com o IQP<sub>NPR</sub>.

Segundo Roloff, Lutz e Mello (2011), o IQP é um índice participativo, isto é, deve ser de fácil cálculo e interpretação e voltado para a comunidade científica e os próprios produtores rurais, de forma a ser uma ferramenta de conscientização e auxiliar nas tomadas de decisões na propriedade. Assim, foi desenvolvido e aplicado

em janeiro de 2018 o seguinte questionário a respeito do conhecimento dos produtores em relação ao IQP. O questionário mais detalhado encontra-se nos anexos.

As perguntas a respeito do IQP foram:

1 – Você entendeu a proposta do IQP?

2 – Você acha que o IQP consegue avaliar a qualidade do SPD adotado nas glebas?

3 – O resultado do IQP ajuda na tomada de decisão em relação à lavoura?

**Tabela 18:** Resposta de oito produtores em relação ao IQP.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	Não	Um pouco falando com o Kássio (doutorando)	Sim	Não pôde acompanhar de perto por problemas pessoais	Mais ou menos	Sim	Não me lembro	Sim
2	Não sei dizer	Acho que sim	Acho que sim	Acho que sim	Não sei dizer	Parcialmente	Sim	Sim
3	Não teve acesso aos dados	Só teve acesso aos dados do Kássio	Não teve acesso aos dados	Acho que ajuda	Sim, se tivesse acesso aos dados	Não teve acesso aos dados	Não teve acesso aos dados	Não teve acesso aos dados

De acordo com Bockstaller et al., (2008), o objetivo dos indicadores é simplificar a análise de um sistema, de modo a tornar essa realidade acessível aos usuários, sob a forma de uma ferramenta de diagnóstico ou auxiliar na tomada de decisões. Esses indicadores representam um compromisso entre o conhecimento científico momentâneo do local, portando a necessidade de ser conciso, a simplicidade de uso e a disponibilidade de dados. O IQP foi baseado em tais pontos, porém, como pode ser observado nas respostas do questionário, o agricultor da região não apenas não compreendeu o objetivo do IQP, quanto não teve acesso aos dados e não pôde utilizar

a pesquisa como base para tomada de decisões ou mesmo a conscientização a respeito da qualidade do plantio direto aplicado, de tal forma que, a pesquisa na região atingiu parcialmente seu objetivo, sendo utilizado apenas para a comunidade científica e acadêmica até então.

Em um trabalho desenvolvido por Potrich, Grzybovski e Toebe (2017) no Sul do Brasil com pequenos produtores, os autores destacam um fato encontrado em todas as famílias estudadas, onde os conhecimentos adquiridos são, em suma, os passados de geração em geração e, em média, a quantidade de filhos que saem para estudar e retornam para aplicar os conhecimentos são de 6%. O que destaca a importância do agrônomo de órgãos públicos e privados conscientizarem os agricultores a respeito dos conceitos de sustentabilidade e da importância do cuidado com o solo e a água a longo prazo.

Tavares Filho e Rinschede (2009) falam sobre o fato de que, 68,5% dos agricultores entrevistados na região de Londrina utilizarem práticas de conservação apenas por ser uma imposição da lei e que pode acarretar em multas. Os autores sugerem que a não aplicação de práticas conservacionistas podem estar diretamente ligadas com uma deficiência na fiscalização e conscientização dos órgãos. Observa-se também que apesar de todos os programas feitos pelo governo e entidades de extensão, poucos produtores na região utilizam-se das demais técnicas de conservação como terraceamento e coberturas vegetais vivas ou mortas, mesmo estando localizados em um estado considerado como referencial em práticas conservacionistas de solo e água.

Os mesmos autores dizem respeito a questão de identificar se os agricultores não estão recebendo a devida assistência, se eles não sabem qual a responsabilidade social de cada um com a preservação dos recursos naturais, se sabem mas não possuem aporte financeiro para investimentos, ou ainda se falta acesso à informação. Analizando os relatos dos produtores que mais aplica práticas da agricultura durável, 23% diz ter tido o primeiro contato com o assunto por meio de técnicos de cooperativas e 22% em conversas com vizinhos, seguido por 15% de contato por cursos e palestras. A revenda e assistência técnica, revistas e jornais foram pouco citados enquanto a internet não foi citada nenhuma vez. Esse resultado sugere que a melhor forma de atingir os produtores é indo ao encontro deles com as orientações e

procurando mostrar exemplos práticos dos resultados. Tais resultados vão de encontro com o que foi analisado no local de estudo atual, onde a maior parte dos produtores não tem acesso aos dados e conhecimentos sobre o assunto se ele não for discutido e conscientizado pessoalmente. Os produtores acreditam que o IQP pode mensurar a qualidade do plantio direto por inteiro ou parcialmente pois há confiança nos órgãos de pesquisa, porém, não utilizam a ferramenta pela falta de acesso a tais.

Para Cruz (2012), para que ocorra mudança efetiva na estrutura econômica/social destas famílias, é necessário ampliar as políticas públicas compensatórias e sua fiscalização, de tal forma que o agricultor queira, mesmo que por outro objetivo principal (financeiro), que a dinâmica da propriedade mude e, conseqüentemente, da família.

#### 4.6 BREVE ANÁLISE SOCIOECONÔMICA DO IQP E DA REGIÃO

A sustentabilidade dos sistemas agrícolas é frequentemente avaliada com indicadores, que são variáveis sintéticas. Cada indicador trata de um aspecto da sustentabilidade (por exemplo, nutrientes, pesticidas, energia) e, portanto, o resultado de uma avaliação completa geralmente inclui vários valores de indicadores (CASTOLDI; BECHINI, 2010).

Seramim e Lago (2016) falam sobre a realidade brasileira acerca dos estudos em nível de teses e dissertações, frisando o fato de que a maior parte deles levam em conta apenas a dimensão ambiental, negligenciando a parte socioeconômica. Potrich, Grzybovski e Toebe (2017) em uma pesquisa feita no Sul do país, ouviram os agricultores a respeito do que eles entendem do conceito de sustentabilidade, tendo como resultado, em grande maioria, respostas com ênfase na importância ambiental e principalmente econômica, negligenciando o pilar da parte social.

Os autores Potrich, Grzybovski e Toebe (2017) discutem a necessidade da conscientização de pequenos produtores os quais utilizam mão-de-obra familiar e o processo produtivo normalmente é artesanal, uma vez que, as grandes propriedades rurais não enfrentam as mesmas condições, pois encontram amparo nas leis do mercado para comercializar seus produtos, no uso intensivo das diferentes tecnologias, sejam elas genéticas ou de produção, e o conseqüente aumento da produtividade, bem como a disponibilidade da mão de obra assalariada.

A sustentabilidade é um conceito multidisciplinar e complexo que abrange questões econômicas, sociais e ambientais, e sua avaliação é um passo fundamental na implementação de sistemas agrícolas sustentáveis. As avaliações realistas da sustentabilidade exigem a integração de diversas informações sobre os objetivos econômicos, sociais e ambientais e o tratamento de aspectos conflitantes desses objetivos em função das opiniões dos indivíduos envolvidos no processo de avaliação (POTRICH; GRZYBOVSKI; TOEBE, 2017).

Elkington (2012) e Marques, Skorupa e Ferraz (2003) propõem estudar a sustentabilidade por meio do *modelo triple bottomline* (TBL) de forma a contemplar o ambiente, a sociedade e a economia em pleno equilíbrio, ou seja, a perspectiva tridimensional. Nota-se no IQP uma carência de informações a respeito da sociedade e da economia local para que ele se torne de fato um indicador socioambiental. Ferraz (2003) confirma a afirmação feita por Elkinton (2012) quando diz que a avaliação da sustentabilidade nas suas dimensões ecológica, econômica e social requer o estabelecimento de indicadores que possam refletir não apenas os fatores específicos em operação em cada uma dessas dimensões, mas também suas inter-relações.

Assim, inspirados na metodologia proposta por Ferraz (2003), foi aplicado com os mesmos nove agricultores um questionário socioeconômico a respeito dos últimos dez anos com seis perguntas, de forma a não dificultar ou alongar o questionário para que mantenha-se dentro dos padrões determinados para o IQP, porém, o produtor número nove não pôde ser contactado, ficando apenas com oito. Os agricultores responderam às seguintes questões:

- 1 - Qual(is) a(s) fonte(s) de receita da família?
- 2 – O plantio é feito por meio de financiamento? Se sim, qual banco?
- 3 – Houve algum investimento financeiro?
- 4 – Houve algum investimento em educação na família neste período?
- 5 – Aconteceu alguma melhoria na moradia do responsável ou da família?
- 6 – Efetuou-se algum investimento ou despesa em saúde?



O questionário mais detalhado encontra-se nos anexos.

Ao considerar que o espaço social de aplicação do referido modelo requer analisar os aspectos econômicos, sociais e ambientais da organização, trabalha-se em favor da diversidade das atividades para a geração de renda (pluriatividade) e múltiplas funções dos espaços agrícolas (multifuncionalidade), além da vocação tradicional da agricultura (KAGEYAMA, 2008) para afirmar que a agricultura sustentável também é possível em pequenas propriedades rurais (EHLERS, 1999). Nota-se, de acordo com a tabela de respostas X que apenas um dos produtores possui fonte de renda extra além da agricultura, ponto este que deve ser reforçado e incentivado nas famílias para que haja um maior equilíbrio social.

Para Cruz (2012), o fato necessário para que ocorra mudança efetiva na estrutura econômica/social familiar, é necessário ampliar o escopo das políticas públicas compensatórias contemplando o pequeno produtor rural. Explicitamente, significa dizer que é preciso estimular a geração de serviços para que o agricultor seja empregável em atividades não agrícolas.

Graziano da Silva (2011) propõe uma aproximação do rural com o urbano, com vistas a um desenvolvimento equitativo, proposta esta que também é trabalhada por Wanderley (2009). É necessário parar de tratar o “rural” por vezes como sinônimo de atraso. Um exemplo claro é o produtor que possui um restaurante na cidade (P1, Tabela 19), neste caso, o agricultor explorou tanto as questões do campo quanto conseguiu inserir-se em um contexto urbano, gerando uma nova fonte de renda para a família, destaca-se também o fato de que ele conseguiu fazer investimentos em maquinário e investir em estudos na família.

Por outro lado, Abramovay (1992) fala sobre o ato de integrar-se à indústria como estratégia de sobrevivência e competitividade e acabar tornando-se dependente da empresa integrada à atividade agrícola e transformar a mão-de-obra familiar em mão-de-obra barata, criando uma noção errada de custo e ganho.

Potrich, Grzybovski e Toebe (2017) aderem a opinião de que, para um novo modelo de gestão para pequenas propriedades rurais sustentáveis, o exercício da pluralidade e da multifuncionalidade devem ser empregados. A pluralidade acontece quando o agricultor, além da função de trabalhar com a terra, passa a comercializar

sua própria produção em feiras, alinhando-se com as ideias de que os agricultores exercem atividades agrícolas e não agrícolas apresentadas por Tedesco (1999), Schneider (2003), Camargo e Oliveira (2012) e Escher et al. (2014). Já a variável de multifuncionalidade é ligada nesse contexto, ao momento em que os agricultores industrializam sua produção nos formatos de agroindústrias, como por exemplo vinho, suacos de uva integrais, geleia, doce de leite, queijos, etc. (CAMARGO; OLIVEIRA 2012; KAGEYAMA, 2008).

Muitos produtores justificam as práticas não sustentáveis pela carência de mão de obra familiar e pela baixa rentabilidade nas atividades produtivas que contemplam a diversificação produtiva, pela baixa escala de produção que possuem no processo de comercialização do produto e pela falta de esperança na continuação/sucessão da propriedade como fator coadjuvante (POTRICH; GRZYBOVSKI; TOEBE, 2017).

**Tabela 19:** Resultados do questionário socioeconômico de oito produtores.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
1	Agric. e restaurante	Agricultura	Agricultura	Agricultura	Agric. e aposentadoria	Agricultura	Agricultura	Agricultura
2	Financiamento	Financiamento	Custeio próprio	Financiamento	Custeio Próprio	Custeio Próprio	Troca com cooperativa	Financiamento
3	Maquinário	Não	Não	Maquinário	Maquinário	Maquinário	Não	Maquinário
4	Neto escola	Não, todos formados	Escola filhos	3 filhos concluíram grad.	Filho faculdade	Filha mestrado fora e filho graduação fora	Filho Faculdade	Filho e sobrinha faculdade
5	Não	Não	Reforma	Casa filho e reforma	Casa filho	Reforma casa dos pais	Reforma	Reforma
6	Não	Não	Não	Internamento familiar	Não	Internamento, UTI, fisioterapia	Não	Não

P1 = Antônio A. Casaroto; P2 = Arno Schultz; P3 = Berto Trasi Jr.; P4 = José Ferrari; P5 = José Sozzo; P6 = Nelson Tomimatku; P7 = Reginaldo A. Rogério; P8 = Sebastião e João Cláudio

Neste contexto, seria interessante conscientizar e incentivar os produtores a respeito da parte social da agricultura, propondo outras medidas como fonte de renda, seja para incentivar a diversificação da atividade familiar, quanto para uma alternativa de fonte de renda para situações de caráter emergencial, como um gasto imprevisto em uma época de de plantio ou baixo valor do custo de venda dos cereais, ou, até mesmo em situações futuras onde os filhos decidem não retornar para seguir adiante com as atividades empregadas a vida toda pelos pais.

Em relação ao financiamento, a partir de 2010, como foi citado anteriormente, houve uma maior disponibilidade de crédito aos agricultores para que fosse investido em tecnologia para tornar mais viável e sustentável a produção de alimentos no Brasil. Tal disponibilidade de crédito mantém-se até hoje. Nota-se que a maioria dos produtores optam por financiar a safra, sendo que três se sustentam com custeio próprio. Para todos é necessário sempre ressaltar a importância de investir, seja por meios próprios ou alternativos, na conservação do solo e da água para evitar maiores gastos e danos a médio e longo prazo (AMARAL, 2011; BRASIL, 2017). Potrich, Grzybovski e Toebe (2017) dizem que a maioria das decisões dos agricultores giram em torno do retorno financeiro. Se o produtor for conscientizado a respeito do retorno com a conservação do solo e da água, a parte financeira está favorável no momento, principalmente no que se trata de estruturas de armazenamento para evitar a dependência dos produtores em relação às oscilações do tempo (BRASIL, 2017).

É importante ressaltar o fato de que, enquanto nem todas as famílias investiram em maquinário ou manutenção e construção de moradia, todas elas investiram em educação para algum membro da família, com exceção do P2, do qual já havia formado todos os filhos e netos a mais de 10 anos. Isso demonstra uma maturidade e investimento futuro da parte dos produtores, e uma resposta em relação à políticas públicas de incentivo à educação, principalmente no que diz respeito à ensino superior (CHUNHA; SILVA; PLANTULLO, 2014).

## CONCLUSÕES

A metodologia IQP permitiu adequar os critérios à realidade em questão, confirmando se tratar de ferramenta flexível.

Um IQP voltado para o Norte do Paraná induz a adoção das práticas que propiciam qualidade ao Sistema Platio Direto aplicado na região.

Os pontos mais críticos encontrados na região onde foi feito o estudo (Rolândia - PR) são, de acordo com a média de todos os produtores e em relação ao nível crítico de cada indicador: Intensidade de Rotação, Diversidade da Rotação, Persistência da Palhada e Avaliação da Conservação, componentes dos pilares conceituais do SPD.

Não foi proposto uma classificação geral do IQP<sub>NPR</sub> como muito bom, bom, regular e ruim, de forma a levar o produtor a analisar cada indicador individualmente, reduzindo o efeito de compensação entre indicadores bons e ruins.

É fundamental retornar aos produtores envolvidos os resultados obtidos e as propostas geradas, motivando-os a adotarem a ferramenta no apoio à gestão da atividade.

Há a necessidade de ampliar a área de aplicação do IQP<sub>npr</sub> para avaliar adequação.

Recomenda-se adotar um indicador socioeconômico no IQP para abranger os planos econômicos e sociais, além dos ambientais já contemplados..

## REFERÊNCIAS

- ABRAMOVAY, R. **Paradigmas do capitalismo agrário em questão**. São Paulo: Hucitec, 1992.
- ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S.; SANTOS J. R. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumará, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 136-141, 2002.
- ALIER, J. M.; JUSMET, J. R. *Economia ecológica y política ambiental*. México, **Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente**, 2000. 493 p.
- ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; CARVALHO, D. F. Infiltração de água no solo em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.2, p.191-196, 2003.
- ALVES, M. C.; SUZUKI, L. E. A. S. Influência de diferentes sistemas de manejo do solo na recuperação de suas propriedades físicas. **Acta Scientiarum**., 26:27-34, 2004.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELT S, F. L. F.; BRUM. A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular Carbono e Nitrogênio no solo em Plantio Direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, 25 (1): 189-197, 2001.
- AMARAL, D. D.; CORDEIRO, L. A. M.; GALERANI, P. R. Plano Setorial de Mitigação e Adaptação às mudanças Climáticas para Consolidação da Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura – PLANO ABC. **Revista Brasileira de Geografia Física**. 06:1266-1274, 2011.
- ANDERSON, T. H. Microbial eco-physical indicators to assess soil quality. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. 98, 285 – 293, 2003.
- BALASTREIRE, L. A. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade da cultura do milho. **Engenharia Rural**, Piracicaba, v.8, n.1, p.97-111, 1997
- BARCELOS, A. A., CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E. Infiltração de água em Latossolo Vermelho-Escuro sob condições de chuva em diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências de Solo**. 23:35-43, 1999.
- BARTZ, H. A.; BARTZ, M. L. C.; MELLO, I.; RALISCH. R. Sistema de Plantio Direto é Opção de Sustentabilidade. **Visão Setorial**. P 46-48. 2012. Disponível em: <<http://www.esalq.usp.br/visaoagricola/sites/default/files/VA10-visao-setorial01.pdf>>. Acesso em: 11 julh. De 2016.
- BAYER, C.; MARTIN NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V. 39, n. 7, p. .677-683, 2004.

BERTOL, I.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Comprimento crítico de declive em sistemas de preparo conservacionista de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 21:139 – 148, 1997.

BHATTACHARYYA, R., PRAKASH, V., KUNDU, S., SRIVASTVA, A.K., GUPTA, H.S. Soil aggregation and organic matter in a sandy clay loam soil of the Indian Himalayas under different tillage and crop regimes. **Agriculture Ecosystems and Environments**. 132, 126 – 134, 2009.

BLEVINS, R.L.; MURDOCK, L.W. & THOMAS, G.W. Effect of lime application on no-tillage and conventionally tilled corn. **Agron J.**, 70:322-326, 1978.

BOCKSTALLER C., GIRARDIN P., 2006, **Evaluation agri-environnementale des systèmes de culture : la méthode INDIGO**, Oléoscope, n. 85, pp.4-6.

BOCKSTALLER, C., CARIOLLE, M., GALAN, M. B., GUICHARD, L., LECLERC, Q. C., MORIN, A., SURLEAU-CHAMBENOIT, C. Evaluation agri-environnementale et choix des indicateurs: acquis, enjeux et pistes. **Innovations Agronomiques**, Mise en ligne en cours. 2013.

BOCKSTALLER, C., GUICHARD, L., MAKOWSKI, D., AVELINE, A., GIRARDIN, P., PLANTUREUX, S. Agrienvironmental indicators to assess cropping and farming systems. A review. **Agronomy for Sustainable Development**. 28, 139 - 149, 2008.

BOCKSTALLER, C., VERTES, F., AARTS, F., FIORELLI, J. L., PEYRAUD, J. L., ROCHETTE P. **Méthodes d'évaluation environnementale et choix des indicateurs**. In: Peyraud JL et al. (eds), Les flux d'azote liés aux élevages. Réduire les pertes, rétablir les équilibres. Expertise scientifique collective (rapport), INRA, Paris (France), pp 335-412. 2012.

BOLLIGER, A.; MAGID, J.; AMADO, T. J. C.; SKÓRA NETO, F.; SANTOS RIBEIRO, M. F.; CALEGARI, A.; RALISCH, R.; NEERGAARD, A. Taking Stock of the Brazilian “Zero Till Revolution”: A Review of Landmark Research and Farmers’ Practice. **Advances in Agronomy**. v. 91, p. 47-110, 2006.

BRAIDA, J. A.; CASSOL, E. A. Relações da erosão em entressulcos com o tipo e com a quantidade de resíduo vegetal na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 699-709, 1999.

BRASIL. **Caixa oferece mais de R\$ 10 bi em crédito rural**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2017/06/caixa-oferece-mais-de-r-10-bi-em-credito-rural>>. Acessado em 03 de setembro de 2017.

CALEGARI, A.; HARGROVE, W. L.; RHEINHEIMER, D.S.; RALISCH, R.; TESSIER, D.; TOURDONNET, S.; GUIMARÃES, M.F. Impact of Long-Term No-Tillage and Cropping System Management on Soil Organic Carbon in an Oxisol: A Model for Sustainability. **Agronomy Journal**, v. 100, e.4, 2008.

CAMARGO, R. A. L.; OLIVEIRA, J. T. A. Agricultura familiar, multifuncionalidade da agricultura e ruralidade: interfaces de uma realidade complexa. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 9, p. 1707- 1714, 2012.

- CASTAGNARA, D. D.; UHLEIN, A.; FEIDEN, A.; WAMMES, E. V.; PERINI, L. J.; STERN, E.; ZANELATO, F. T.; VERONA, D. ULIANA, M. R. B.; SILVA, W. J.; NARDEL, L. S. Importância Ambiental do Sistema de Terraceamento na Conservação de Solos e Sua Quantificação na Microbacia Hidrográfica da Sangua Mineira do Município de Mercedes – PR. **Revista Brasileira de Agroecologia**. V. 2 n. 2, p. 1412-1415, 2007.
- CASTOLDI, N.; BECHINI. Integrates sustainability assessment of cropping systems with agro-ecological and economic indicators in northern Italy. **European Journal of Agronomy**, v. 32, p. 59 – 72, 2010.
- CAVIGLIONE, J. H.; FIDALSKI, J.; DE ARAÚJO, A. G.; BARBOSA, G. M. DE CESARE; LLANILLO, R. F.; SOUTO, E. R. Espaços entre terraços em Plantio Direto. **Boletim Técnico do Instituto Agrônomo do Paraná**, Londrina, n. 71, p. 1-64, 2010.
- COAN, L. F. B.; SENA, C.; BIANCO, D.; LICHTENBERG, P. S. F. Recuperação de área degradada por construção de rodovia na Praia Mole, Florianópolis, SC. **Revista Eletrônica de Extensão**. v1. n1. P.1-8, 2004.
- CONAB. Levantamento de safras. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253>. Acessado em 04 de setembro de 2017.
- CONWAY, G. R. Sustainability in agricultural development: trade-offs with productivity, stability and equitability. In: ANNUAL AFRS/E SYMPOSIUM, 1., 1991, Michigan. **Proceedings...** Michigan, 1991. p. 23 – 31.
- CORAZZA, E. J.; SILVA, J. E., RESCK, D. V. S.; GOMES, A.C. Comportamento de diferentes sistemas de manejo como fonte ou depósito de carbono em relação à vegetação de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 23: 425-432, 1999.
- CRUZ, J. C.; KOZEN, E. A.; PEREIRA FILHO, I. A.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I.; DUARTE, J. de O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. Importância da produção do milho orgânico para a agricultura familiar. In: Congresso Nacional de Milho e Sorgo, 26, 2006, Belo Horizonte. **Trabalhos apresentados**. Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo, 2006. CD-ROOM.
- CRUZ, S. S. O fenômeno da pluriatividade no meio rural: atividade agrícola de base familiar. **Serviço Social e Sociedade**, São Paulo, n. 110, p. 241 – 269, 2012.
- CUNHA, A. S.; MUELLER, C. C.; ALVES, E. R. A.; SILVA, J. E. Uma avaliação da sustentabilidade da agricultura nos cerrados. **Estudos de Política Agrícola**. N. 2, p. 35-51, 1993.
- DE ANDRADES, T. O; GANIMI, R. N. Revolução Verde e a apropriação capitalista. **CES Revista**. Juiz de Fora, v. 21, p. 43 – 56, 2007.
- DE CAMINO, R.; MULLER, S. **Sostenibilidad de la agricultura y los recursos naturales – Bases para establecer indicadores**. San Jose: IICA/GTZ, 1993. (Serie Documentos de Programas, 38).



DE CUNHA, L. C. V.; SILVA, A. R.; PLANTULLO, V. L.; DE PAIVA, D. L. Políticas públicas de incentivo à educação superior brasileira: acesso, expansão e equidade. **Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística**, v. 4, n. 4, p.1 – 14, 2014

DE SOUZA, M. M. O. A utilização de metodologias de diagnósticos e planejamento participativo em assentamentos rurais: o Diagnóstico Rural Rápido Participativo (DRP). **Em extensão**, Uberlândia, v. 8, n. 1, p. 34 – 47, 2009.

DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. Manejo de enxurrada em SPD. **Embrapa Parque Estação Biológica**, Brasília. Disponível em: [http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia35/AG01/arvore/AG01\\_35\\_259200616451.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia35/AG01/arvore/AG01_35_259200616451.html). Acessado em 05 de janeiro de 2018.

DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Org.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: SSSA, 1994. p. 3-21.

DUMANSKI, J.; PEIRETTI, R. Modern concepts of soil conservation. **Internacional Soil and Water Conservation Research**, v. 1, n.1, p. 19-23, 2013.

DUMANSKI, J.; PEIRETTI, R. Modern concepts of soil conservation. **International Soil and Water Conservation Research**, v1. n.1, 2013.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável: origens e perspectivas de um novo paradigma**. 2. ed. São Paulo: Agropecuária, 1999.

ELKINGTON, J. **Sustentabilidade, canibais com garfo e faca**. São Paulo: Makron Books, 2012.

ELTZ, F.L.F.; REICHERT, J.M.; CASSOL, E.A. Período de retorno de chuvas em Santa Maria, RS. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, n.2, p.265-269, 1992.

EMBRAPA. **Banco de dados climáticos do Brasil**. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/balanco/resultados/pr/177/balanco.html>. Acessado em 05 de setembro de 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Projetos para conservação de solo dependem de conscientização para serem valorizados. Disponível em: <http://www.cnpma.embrapa.br/nova/mostra2.php3?id=275>. Acesso em: 10 abr. 2008

ESCHER, F.; SCHNEIDER, S.; SCARTON, L. M.; CONTERATO, M. A. Caracterização da pluriatividade e dos plurirrendimentos da agricultura brasileira a partir do censo agropecuário 2006. **RESR**, Piracicaba, v. 52, n. 4, p. 643 – 668, 2014.

FAO and ITPS. **Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report**. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils, Rome, Italy. 2015.

FEBRAPDP – Federação Brasileira de Plantio Direto e Irrigação. Metodologia Participativa para Avaliação da Qualidade do Sistema Plantio Direto na Bacia do Paraná 3. **Manual de Campo. FEBRAPDP**. Ponta Grossa, PR. 99 p., 2011.

FEBRAPDP 2014. **Evolução do Plantio Direto no Paraná**. Disponível em: <[http://febrapdp.org.br/download/EVOLUCAO\\_DO\\_SPD\\_NO\\_PARANA\\_2014.pdf](http://febrapdp.org.br/download/EVOLUCAO_DO_SPD_NO_PARANA_2014.pdf)>. Acesso em: 11 de julho de 2016.

FERRAZ, J. M. G. As Dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores. In MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. Jaguariuna, SP. Embrapa Meio Ambiente. 2003 p. 17 – 33.

FERRAZ, J. M. G. As dimensões da Sustentabilidade e seus Indicadores. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas. 2003, EMBRAPA Meio Ambiente, MAPA, Jaguariúna, SP, p. 281.

FLEISCHFRESSER, V. Políticas Públicas e a Formação de Redes Conservacionistas em Microbacias Hidrográficas: o exemplo do Paraná Rural. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**. Curitiba, n. 95, p. 61-77, 1999.

FONTOURA, S.M.V., BAYER, C. Trinta anos do experimento de manejo de solo, Guarapuava, **Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária**, p. 55., 2008.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; BALBINOT JUNIOR, A. A.; TONON, B. C.; FARIAS, J. R. B.; OLIVEIRA, M. C. N. TORRES, E. Evolution of crop yields in different tillage and cropping systems over two decades in southern Brazil. **Field Crops Research**. 137, p178-185, 2012.

FRANCHINI, J.C., COSTA, J.M., DEBIASI, H., TORRES, E. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná, **Embrapa Soja**, Londrina/ PR, Brazil, p. 52 (Documentos, 327), 2011.

GALENDE J.; HAAB, G. I.; NUNES, A. L. P.; TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R. Condutividade hidráulica de um Latossolo Vermelho em diferentes manejos em Sistema Plantio Direto. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 15. 2016, Goiânia. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, p.82.

GALENDE, J. **Cálculo dos indicadores indigo I-Phy e IN de propriedades rurais cadastradas na rede ecophyto-dephy**. 2015. 43p. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2015.

GARCIA, R. A.; ROSOLEM, C. A. Agregados em um Latossolo sob sistema de plantio direto e rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 45, n.12, p. 1489-1498, dez., 2010.

GARCIA, S. M.; RIGUES, A. A. *Vertical Mulching* e o manejo da água em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**. v. 32, p.833-843, 2008.

GODINHO, V. de P. C.; UTUMI, M. M.; de PRADO, E. E.; HOLANDA FILHO, Z. F.; ALVES, J. C.; RIBEIRO, I. A.; RIBEIRO, I. A.; DORÁSIO, G.; GOMES, F. F. Práticas para Produção da Soja em Rondônia. **Circular técnica Embrapa Rondônia**, n. 54, p. 1-22, 2001.

GOMES JUNIOR, F. G.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Biologia e manejo de plantas daninhas em áreas de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 789-798, 2008.

GOODMAN, D.; REDCLIFT, M. **Refashioning nature, food, ecology and culture**. Londin: Routledge, 1991.

GRAZIANO DA SILVA, J. Velhos e novos mitos do rural brasileiro. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, 2001. WANDERLEY, M. N. B. A emergência de uma nova ruralidade nas sociedades modernas avançadas: o “rural” como espaço singular e ator coletivo. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, n.15, p. 87 – 145, 2000.

GUTMAN, P. La economia y la formación ambiental. In: LEFF, E. (Comp.) **Ciencias sociales y formación ambiental**. Barcelona: Libergraf, 1994. P. 125-156.

GUZMAN, C. G. I; DE MOLINA, M. G; GUZMAN, E. S. Introduccíonn a la agroecología como desarrollo rural sostenible. **Mundi Prensa**. Madrid, 2000.

HAKANSON, I.; VOORHEES, W.B.; RILEY, H. Vehicle and wheel factors influencing soil compaction and crop response in different traffic regimes. **Soil and Tillage Research**, v.11, p.239-282, 1988.

IAPAR. Médias Históricas Londrina. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Londrina.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Londrina.htm). Acessado em: 04 de fevereiro de 2018.

ITAIPU; FEBRAPDP. **Boletim Informativo: Metodologia Participativa para avaliar a qualidade do Sistema Plantio Direto na bacia do Paraná 3**. Abril, 2012.

JARECKI, M.K., LAL, R., JAMES, R. Crop management effects on soil carbon sequestration on selected farmers' fields in ortheastern Ohio. **Soil and Tillage Research**. 81, 265 – 276, 2005.

KAGEYAMA, A. **Desenvolvimento rural: conceitos e aplicações ao caso brasileiro**. Porto Alegre: UFRGS, 2008.

KASSAN, A.; FRIEDRICH, T.; SHAXSON, F.; PRETTY, J. The spread of Conservation Agriculture: Justification, sustainability and uptake. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v.7(4), 292–320, 2009.

LAL, R. **Methods and guidelines for assessing sustainable use of soil and water resources in the tropics**. Columbus: The Ohio State University, 1991. (SMSS Thecnical Minograph, 21).

LANDERS, J. N. **Histórico, características e benefícios do Plantio Direto**. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. 113p, Brasília, 2005.

LEVIEN, R.; FURLANI, C. E. A.; GAMERO, C. A.; CONTE, O.; CAVICHIOLI, F. A. Semeadura direta de milho com dois tipos de sulcadores de adubo, em nível e no sentido do declive do terreno. **Ciência Rural**. v. 41, n. 6, p. 1004-1010, 2011.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**. Lages, v.9, n.1, p. 09-19, 2010.

MACHADO, J. A. **Efeito dos sistemas de cultivo reduzido e convencional na alteração de algumas propriedades físicas e químicas do solo**. Tese (livre docência). UFMS, Santa Maria, RS, 1976.

MANSFIELDS, J. E. Land capability for annual rainfed arable crops in Northern Nigeria based on soil physical limitation. In: LAL, R.; GREENLAND, D. J. (Ed.). **Soil physical properties and crop production in the tropics**. New York: J. Wiley, 1975. p. 407 – 426.

MARGOLIS, E.; GALINDO, I.C. DE L.; MELLO NETTO, A.V. de. Comportamento de sistemas de cultivo da mandioca em relação à produção e às perdas por erosão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.357-362, 1991.

MARGOLIS, E.; SILVA, A.B. DA.; JACQUES, F. de O. Determinação dos fatores da equação universal de perda de solo para as condições de Caruaru-PE. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.9, p.165-169, 1985.

MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. 2 ed. Jaguariúna. Embrapa Meio Ambiente, 2003. 281 p.

MARTORANO, L. G.; BERGAMASCHI, H.; DALMAGO, G. A.; DE FARIA, R. T.; MIELNICZUK, J.; COMIRAN, F. Indicadores de condição hídrica do solo com soja em plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. V. 13, n. 4, p.397-405, 2009.

MATEUS, G. P.; CRUSCIOL, C. A. C.; NEGRISOLI, E. Palhada do sorgo de guiné gigante no estabelecimento de plantas daninhas em área de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 39, n. 6, p. 539-542, 2004.

MCGREGOR, K.C., CULLUM, R.F., MUTCHLER, C.K., JOHNSON, J.R., 2006. Long-term no-till and conventional-till soybean yields (1983–1999) , **Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station Bulletin**, 1146, Mississippi State, USA, p. 14.

MELLEK, J. E.; DIECKOW, J.; DA SILVA, V. L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M.; DE SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stock in a Cambissol of Southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 110, n.1, p. 69-76, 2010.

MELLEK, J. E.; DIECKOW, J.; SILVA, V. L.; FAVARETTO, N.; PAULETTI, V.; VEZZANI, F. M.; SOUZA, J. L. M. Dairy liquid manure and no-tillage: Physical and hydraulic properties and carbon stocks in a Cambisol of Southern Brazil. **Soil & Tillage Research**. v.110, p.69-76, 2010.

- MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O., eds. **Fundamentos da matéria orgânica do solo - ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Genesis, 1999. p.1-8.
- MORAES, M.H. et al. Efeitos da compactação em algumas propriedades físicas do solo e seu reflexo no desenvolvimento das raízes de plantas de soja. **Bragantia**, v.54, n.2, p.393-403, 1995.
- MOREIRA, R. J. Críticas ambientalistas à Revolução Verde. **Estudos Sociedade e Agricultura**. Rio de Janeiro, v.15, p. 39-52, outubro, 2000.
- MOSCHLER, W.W.; MARTENS, D.C.; RICH, C.I.; SHEAR, G.M. Comparative lime effects on continuous no-tillage and conventionally tilled corn. **Agron. J.**, 65:781-783, 1973.
- NUNES, A. L. P. **Estratégias para a qualificação do sistema plantio direto em glebas do oeste do estado do paraná**. 2017, 104p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2017.
- OECD. **OECD environmental Indicators**. Paris, 1989, p.8 – 16.
- ORTEGA, C. Sustainable development and integrated systems for food and energy production. In: WORKSHOP ON NEW PARADIGMS OF SCIENCE, 1., 1997, São Carlos. **Proceedings...** São Carlos: Federal University of São Carlos, 1997.
- PANACHUKI, E.; ALVES SOBRINHO, T.; VITORINO, A. C. T.; CARVALHO, D. F.; URCHEI, M. A. Avaliação da infiltração de água no solo, em sistema de integração agricultura-pecuária, com o uso de infiltrômetro de aspersão portátil. **Acta Scientias Agronômicas**. Maringá, v.28, n.1, p.129-137, 2006.
- PATERNIANI, E. Agricultura Sustentável nos Tópicos. **Estudos Avançados**, 15 (43), 2001.
- PEDROTTI, A.; PAULETTO, E.A.; GOMES, A. da S.; TURATTI, A.L.; CRESTANA, S. Sistemas de cultivo de arroz irrigado e a compactação de um Planossolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.709-715, 2001.
- PEREIRA NETO J. T.; **Manual de compostagem: processo de baixo custo**, UFV, 2007.
- PEREIRA NETO, A. C.; GUIMARÃES, M. F.; RALISCH, R.; FONSECA, I. C. B. Análise do tempo de consolidação do sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.5, p.489-496, 2007.
- PESSOA, M. C. P. Y.; FERRAZ, J. M. G.; GATTAZ, N. C.; DE LIMA, M. A. Subsídios para a Escolha de Indicadores de Sustentabilidade. In: MARQUES, J. F.; SKORUPA, L. A.; FERRAZ, J. M. G. **Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas**. 2003, EMBRAPA Meio Ambiente, MAPA, Jaguariúna, SP, p. 281
- PESSOA, M. C. P. Y.; GHINI, R.; MARQUES, J.F.; SKORUPA, L. A.; BRANDAO, M. S. B.; CASTRO, V. L. S de; SAITO, M. L.; BERTTIOL, W.; FERRAZ, J. M. G. Modelo

Conceitual de Indicadores de sustentabilidade para a Microbacia do Corrego Taquara Branca, Sumaré/SP. **Revista Científica Rural**. V. 5(2) p. 32-45, 2000.

POTRICH, R.; GRZYBOVSKY, D.; TOEBE, C. S. Sustentabilidade nas pequenas propriedades rurais: um estudo exploratório sobre a percepção do agricultor. **Estudos Sociedade e Agricultura**, v. 25, n.1, p. 208 – 228, 2017.

POTTKER, D.; BEM, J, R. Calagem para uma rotação de culturas no Sistema Plantio Direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 675 – 684, 1998.

QUEIROZ, L. R.; GALVÃO, J. C. C.; CRUZ, J. C.; OLIVEIRA, M. F.; TARDIM, F. D. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 28, n. 2, p. 263-270, 2010.

RALISCH, R. **Análise comparativa do desempenho de três equipamentos de preparo do solo na descompactação de um Latossolo roxo**. 1999. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu.

RALISCH, R.; ALMEIDA, E. SILVA, A.P.; PEREIRA NETO, O.C.; GUIMARÃES, M.F. Morphostructural characterization of soil conventionally tilled with mechanized and animal traction with and without cover crop. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v.34, p.1795-1802, 2010.

RAWLS, W.J., PACHEPSKY, Y.A., RITCHIE, J.C., SOBECKI, T.M., BLOODWORTH, H. Effect of soil organic carbon on soil water retention. **Geoderma** 116, 61–76, 2003.

REDCLIFT, M. **Sustainable development: exploiting the contradictions**. London: Methuen, 1987.

REZENDE, A. J.; DALMÁCIO, F. Z.; RIBEIRO, M. S. Potencialidade dos créditos de carbono na geração de lucro econômico sustentável da atividade de reflorestamento. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v. 14, n.1, p. 108-126, 2012.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 36(1): 151-160, 2001.

RODRIGUES W. **Valoração econômica dos impactos ambientais de tecnologias de plantio em região de cerrados**. RER. 43 (1). 135-154, 2005.

ROLOFF, G., LUTZ, R.A.T., MELLO, I. **Índice de Qualidade Participativo do Plantio Direto**. **Boletim Técnico. FEBRAPDP**. Ponta Grossa, PR. 27 p., 2011.

ROLOFF, G.; LUTZ, R. A.; MELLO, I. Metodologia Participativa para avaliar a qualidade do Sistema de Plantio Direto na Bacia do Paraná 3. **Boletim técnico ITAIPU Binacional e FEBRAPDP**, p. 22, Abril, 2012.

SÁ, J.C.M., CERRI, C.C., LAL, R., DICK, W.A., PICCOLO, M.C., FEIGL, B.E. Soil organic carbon and fertility interactions affected by a tillage chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**. 104, 56–64, 2009. Franchini, J.C., CRISPINO, C.C., SOUZA, R.A., TORRES, E., HUNGRIA, M. Microbiological

parameters as indicators of soil quality under various soil management and crop rotation systems in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**. 92, 18–29, 2007.

SADOK, W.; ANGEVIN, F.; BERGEZ, J.; BOCKSTALLER, C.; COLOMB, GUICHARD, L.; REAU, R.; DORÉ, T. **Ex ante assessment of the Sustainability of Alternative Cropping Systems: Implication for Usin Multi-criteria Decision-Aid Methods – A Review**. In: Lichtfouse E., Navarrete M., Debaeke P., Véronique S., Alberola C. (eds) **Sustainable Agriculture**. Springer, Dordrecht , p 753-767, 2009.

SANTOS, A. D.; GAMA, A. N. C. F.; FARIA, A. A. C.; DE SOUSA, J. A.; MELO, L. R. O.; CHAVES, M. B. F.; FERREIRA NETO, P. S. **Metodologias participativas: caminhos para o fortalecimento de espaços públicos socioambientais** / IEB Instituto internacional de Educação do Brasil, Peirópolis, 2005, p. 1 – 195.

SCHNEIDER, S. Teoria social, agricultura familiar e pluriatividade. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, São Paulo, v. 18, n. 51, p. 99-121, 2003.

SECCO, D.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; DA SILVA, V. R. Atributos físicos e rendimento de grãos de trigo, soja e milho em dois latossolos compactados e escarificados. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 1, p. 58-64, 2009.

SEGANFREDO, M.L.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Perdas desolo, água e nutrientes por erosão em sistemas de culturas emplatio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p.287-291, 1997.

SERAMIM, R. J.; LAGO, S. M. S. Estudo das publicações sobre sustentabilidade em pequenas propriedades rurais no período de 2005 a 2015. **Estudos Sociedade e Agricultura**. 24, v. 1, abr. 2016, p. 113-141.

SEVILLA GUZMAN, E. Aspectos teóricos de la agroecología. In: CASADO GUZMAN, G. I.; GONZALES DE MOLINA, M.; SEVILLA GUZMAN, E. Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid: **Mundi Prensa**, 2000.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Ação do sistema radicular de plantas na formação e estabilização de agregados do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.113-117, 1997.

SILVA, V.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Resistência mecânica do solo à penetração influenciada pelo tráfego de uma colhedora em dois sistemas de manejo do solo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.5, p.795-801, 2000.

STRECK, C. A. S.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M.; KAISER, D. R. Modificações em propriedades físicas com a compactação do solo causada pelo tráfego induzido de um trator em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n.3, p. 755 – 760, 2004.

TAVARES FILHO, J.; RALISCH, R.; GUIMARÃES, M. F.; MEDINA, C. C.; BALBINO, L.C.; NEVES, C. S. V. J. Método do Perfil Cultural para avaliação do estado físico de solos em condições tropicais. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**. v. 23, p. 393 – 399, 1999.

- TAVARES FILHO, J.; RINSCHÉDE, M. Visão dos produtores rurais, profissionais e estudantes da área agrônômica, em relação à conservação do solo e da água na região de Londrina, Pr. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, 2009. 30: 1195-1202.
- TEDESCO, J. C. **Terra, trabalho e família: racionalidade produtiva e ethos camponês**. Passo Fundo: EDIUPF, 1999.
- TIETENBERG, T.H. 1994. Environmental economics and policy, **Harper Collins College Publishes**. New York, p 432.
- TOKURA, A. M.; FURTINI NETO, A. E.; CURTI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C. H.; ALOVISI, A. A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, n.10, p. 1467-1476, 2002.
- TORMENA, C.A.; ROLOFF, G; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.22. p.301-309, 1998.
- TORRES, E.; SARAIVA, O. F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58 p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).
- TWEETEN, L. Is precision farming good for society? **Better Crops With Plant Food**, Norcross, v. 80, n.3, p.3-5, 1996.
- VIEIRA, M. L.; KLEIN, V. A. Propriedades físico-hídricas de um Latossolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência de solo**. 31:1271-1280, 2007.
- WCED. World Commission on Environment and Development. Our Common Future. **Oxford University Press**, Oxford and New York, 1987.
- WEIRICH NETO, P. H.; SVERZUT, C. B.; SCHMANDEIRO, A. Necessidade de fertilizante e calcário em área sob sistema de plantio direto considerando variabilidade espacial. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 2, p. 338 – 343, 2006.



## ANEXOS

**Anexo 1:** Quadro de pluviosidade mensal dos anos de 2013 a 2017

	2013	2014	2015	2016	2017
Mês	Pluviosidade (mm)	Pluviosidade (mm)	Pluviosidade (mm)	Pluviosidade (mm)	Pluviosidade (mm)
Janeiro	202,4	148,0	201,2	417,8	264
Fevereiro	328,5	172,2	173,8	308,4	102,2
Março	146,8	146,2	118,3	131,9	99,9
Abril	134,7	162,0	65,0	79,0	139,6
Maio	173,1	96,7	145,4	292,9	229,6
Junho	250,2	65,7	10,3	108,5	107,2
Julho	71,5	102,8	345,9	33,8	0,0
Agosto	0,0	19,5	33,2	120,7	102,0
Setembro	84,7	176,3	201,5	56,2	13,0
Outubro	259,5	9,9	256,5	187,8	343,7
Novembro	96,4	148,4	516,1	87,3	197,5
Dezembro	125,9	234,7	390,6	152,1	286,0

**Anexo 2:** Questionário do IQP II aplicado na Bacia do Paraná 3 e utilizado para a coleta de dados com os agricultores da Microbacia de Rolândia.

1 – Número de meses de solo encoberto por ano.

2 – Quais as espécies utilizadas nos últimos três anos? (quantas famílias contemplam?)

3 – Há preparo no solo esporadicamente? Se sim, de quantos em quantos anos?

4 – Qual a frequência de transbordo dos terraços nos últimos cinco anos?]

5 – Dos indicadores a seguir, quais você reconhece ou aplica em sua propriedade?  
Semeadura em Nível; Pulverização em Nível; Sinais visíveis de Erosão; Solo compactado nas Cabeceiras; Lavoura compactada.

6 – Tempo (anos) praticando o Sistema de Plantio Direto?

7 – Dos indicadores a seguir, quais você reconhece ou aplica em sua propriedade?  
Adubação Orgânica sem método; Adubação Orgânica com Aplicação Controlada;  
Calagem com base em análise de Solos; Adubo Químico com base nas análises de solo?

**Anexo 3:** Questionário sobre a visão do agricultor em relação ao IQP.**Técnico responsável:** \_\_\_\_\_**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_. **Local:** \_\_\_\_\_**Agricultor:** \_\_\_\_\_

1 – Você entendeu a proposta do IQP? (Para que serve)

2 – Você acha que o IQP consegue avaliar a qualidade do SPD adotado nas glebas?

3 – O resultado do IQP ajuda na tomada de decisão em relação à lavoura?

**Anexo 4:** Questionário Socioeconômico aplicado em janeiro de 2018 para os agricultores da microbacia de Rolândia.

**Técnico responsável:** \_\_\_\_\_

**Data:** \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_\_. **Local:** \_\_\_\_\_

**Agricultor:** \_\_\_\_\_

Todos os seguintes dados dizem respeito aos últimos **dez** anos

**1** – Qual(is) a(s) fonte(s) de receita da família? (Se restringe à agricultura ou há outras?)

**2** – O plantio é feito por meio de financiamento? Se sim, qual banco?

**3** – Houve algum investimento financeiro? (Silo, maquinário, empresa, galpão, etc)

**4** – Houve algum investimento em educação na família neste período? (Escola, graduação, pós-graduação, aula de línguas, intercâmbio, curso técnico...)

**5** – Aconteceu alguma melhoria na moradia do responsável ou da família?

**6** – Efetuou-se algum investimento ou despesa em saúde? (Hospital, aquisição de plano de saúde, internamento, tratamento, atividade física)